

## A kibernetika filozófiai problémáiról

PÁSZTOR LÁSZLÓ

A kibernetika keletkezése alapvetően Norbert Wiener amerikai matematikus munkásságának köszönhető. Wiener 1948-ban megjelent „Kibernetika, avagy a vezérlés és hírközlés az állatban és a gépben” (Cybernetics or control and communication in the animal and the machine. New York, 1948) című könyvében fejtette ki a nézeteit. De mint minden valóban jelentős felfedezés és tudományos elmélet, a kibernetika sem egy ember erőfeszítéseinek gyümölcseként jött létre. Megszületését sok ország számos tudósának munkája készítette elő, s közvetlen kidolgozásához is több neves tudós járult hozzá. Közülük elsősorban Claude Shannon amerikai matematikust kell megemlíteni, aki a valószínűségelmélet segítségével matematikai formába foglalta Wiener elképzeléseit, továbbá Hincsin és Kolmogorov szovjet matematikusokat, akik jelentősen továbbfejlesztették ezt az elméletet. Így alakult ki a kibernetika, az a tudomány, amely a hírközlés, az információ átalakításának néhány elemét igyekszik általánosítani kiterjedt területeken, a gépekben, az élő szervezetekben, sőt az emberi társadalomban is.

A kibernetikának három fő területe van:

1. Az információelmélet. Ez alapjában véve az információk (hírközlések) feldolgozásának és továbbításának statisztikai elmélete.
2. Az automatikus vezérlőrendszerek, szabályozórendszerek elmélete.
3. A gyors működésű elektronikus számológépek elmélete.

### *I. Információ és entrópia. Vezérlés. Elektronikus gépek*

Az információ a kibernetika központi fogalma, mely pszichológiai fogalomból fizikai fogalommá is vált. Mi ennek a fogalomnak a pszichológiai tartalma? Információnak nevezzük az egyes eseményekről nyert olyan értesüléseket, amelyek korábban nem voltak ismeretesek előttünk. A kibernetika azonban sokkal szélesebb körű értelmezést ad ennek a fogalomnak. Információként határoz meg minden lehetséges adatot, amelyet valamilyen rendszer felvehet vagy továbbíthat, úgyszintén azokat az adatokat is, amelyek a rendszeren belül kerülnek feldolgozásra.

Információk lehetnek például a számológépek kiindulási, közbenső és végső eredményei, a külső környezetnek az élőlények szervezetre gyakorolt hatásai, mindaz az ismeret és értesülés, amelyet az ember a munka, a tanulás során szerez, és általában minden olyan közlés, amelynek az a rendeltetése, hogy valamilyen összekötő vonal segítségével továbbításra kerüljön.

Az információ valamennyi fajtájának az a közös vonása, hogy az értesüléseket vagy közléseket mindig valamilyen időbeli sorrendben, azaz időfüggvény formájában kapjuk meg.

Shannon az információ mértékét is meghatározta, s így az információ valóban fizikai nagyságrenddel jellemezhető jelenséggé vált. Ezzel megvetette az információelmélet matematikai alapját, amely a kibernetikában igen jelentős helyet foglal el.

Az információ — mint említettük — adatok, hírek továbbítása valamiről, ami a valóságban lezajlott. Az információ átvitele, feldolgozása és tárolása a dolog természetéből folyóan mindenfajta vezérlési folyamat szükséges alkotóeleme. Kézenfekvő tehát, hogy a kibernetika első fejezete az információ-elmélet. Ennek feladata az információ-átvitel folyamatainak a tanulmányozása, továbbá annak vizsgálata, milyen különböző módokon, milyen meghatározott fizikai természetű jelek segítségével lehet kódolni (rejtjelezni) az információt. A jel tulajdonképpen az információ anyagi megjelenési formája.

Tanulmányozza továbbá az információelmélet az információk mennyisége és minősége közötti összefüggéseket. Egészen általános módszert ad az információ minőségének, megbízhatóságának az értékelésére. Nagy jelentőségű az információelméletben például az a tétel, hogy az információt mennyiségileg növelni lehet a minőség rovására és viszont: javítani lehet a minőséget olyan módon, hogy csökkentjük az átvitt információ mennyiségét. Bármely információt két ellentétes folyamat által gyakorolt hatás eredményeként foghatunk fel: az egyik — törvényszerű folyamat, amelynek az a funkciója, hogy továbbítsa az adott információt, a másik — véletlen folyamat, amelyet zavaró tényezők hatása vált ki. Ez a különféle rendszerek működésének minőségi értékelését lehetővé tevő módszer a tudományok igen sok ágában alkalmazható: a rádiótechnikában, az automatikus szabályozás elméletében, a hírközlés elméletében, a matematikai gépek elméletében stb.

Az információ-elmélet az ilyesfajta széles körű tudományos általánosításokon, a fizikai testek különféle kölcsönhatásainak vizsgálatára szolgáló egységes eljárásokon kívül feltárja a hírközlés technikai fejlődésének gyakorlati szempontból fontos lehetőségeit is. Rendkívül nagy jelentőségűek például az információ-elmélet alapján kidolgozott legújabb eljárások, amelyeknek a segítségével gyöngye jeleket vehetünk olyan zavarok esetén is, amelyek lényegesen nagyobbak, mint a venni kívánt jelszint.

Az információ fogalmának, az információmennyiség egységes mértékének a bevezetése tehát lehetővé tette, hogy egységes szempontok alapján tanulmányozzuk a természetben a különböző testek között végbemenő rendkívül változatos kölcsönhatásokat, ugyanúgy ahogyan az energia fogalmának a bevezetése annak idején módot adott arra, hogy a természet valamennyi jelenségét egységes szempontból vizsgáljuk, és elvethessük a téves elméletek (flogisztion-elmélet, perpetuum mobile stb.) egész sorát.

Az információelméletben kiemelkedő szerepet játszik az információ-mennyiség fogalma, és ezzel összefüggésben az információ mértékének s az információ sebességének a fogalma, amelyek kidolgozásában és továbbfejlesztésében elsősorban Wiener és Shannon, valamint Hincsin és Kolmogorov játszottak kimagasló szerepet. Kimutatták, hogy az információ átvitelének az elméletében az információ meghatározott mennyisége hasonló szerepet játszik, mint az entrópia a termodinamikában. Ez teljesen váratlan és szinte lenyűgöző analógia volt, amely méltán váltotta ki minden elméleti fizikus rendkívüli

érdeklődését. A kibernetika fejlődése által felvetett valamennyi új szempont között ez kétségtelenül egyike a legérdekesebbeknek.

Természetesen az információmennyiség és a termodinamikai entrópia közötti analógia tényéből egyáltalában nem folyik az, hogy az információelméletre a maga egészében ki lehet terjeszteni a termodinamika fogalmait és elveit, vagy hogy azonosítani lehet az információ és a termodinamika valamennyi törvényszerűségét. Ez metafizikus azonosítás volna, amire különben néhány nyugati (és nem kizárólag nyugati) tudós rendkívül hajlamos.

Nem volna helyes közös nevezőre hozni két olyan egészen különböző tudományos diszciplínát, mint a kibernetikai információelmélet és a termodinamika, rendkívül fontos azonban a tudomány számára a valóság egymástól igen távol eső területein is feltárni a lényeges közös vonásokat, az analógiákat. Természetesen az analógiák kiemelése mellett meg kell mutatni a különbségeket is.

A termodinamika a fizikának az az ága, amely a hőegyensúllyal és a hőenergiának más energiafajtákká való átalakulásával foglalkozik. Az entrópia fogalma a termodinamika második főtételével függ össze, amely kimondja, hogy bármely zárt rendszerben a hőenergia a munkavégzés során a melegebb testekről a kevésbé meleg testekre terjed át, s ennek következtében — a zárt rendszer hőenergiájának változatlan összmenyisége mellett — a rendszerben a munkavégzésre képes energiameennyiség állandóan csökken, mivel a munkavégzés feltétele a hőkülönbség. A testek bármilyen zárt rendszere tehát abból állapotból, amelyben egyes részekben összpontosul az energia, igyekszik átmenni olyan egyensúlyi állapotba, amelyben az energia az egész rendszerben egyenletesen szétszórva oszlik el. Időben minél tovább áll fenn valamilyen rendszer, annál nagyobb mértékben szóródik szét benne az energia, és annál közelebb jut ahhoz a *legvalószínűbb* állapothoz, amelyben az energia egyenletesen oszlik el. *Az energia egyenletes eloszlásának a mértéke az entrópia nevet kapta.* Entrópián tehát a hőmennyiségnek más energiaformákká át nem alakítható részét értjük. Ez a folyamatokban a változás megfordíthatatlanságát jellemzi. Zárt rendszerekben az entrópia szüntelenül növekszik. Ennek a folyamatnak a leírására alkalmazták a statisztikai valószínűség-elméletet, s így jött létre az entrópia matematikai képlete, amely szerint egy rendszer  $S$  entrópiája egyenlő a  $K$  Boltzmann-állandónak és a  $W$  termodinamikai valószínűség logaritmusának a szorzatával:

$$S = K \cdot \log W$$

A fentiekből az is kiderül, hogy egy makroszisztéma entrópiája annak a *valószínűségnek a mértéke*, hogy a rendszer az adott állapotban marad.

Rátérve most az információelméletre, a híregységre jutó információmennyiség kiszámításához kapott matematikai képlet hasonlónak bizonyult a termodinamika entrópia-képletével, ezért Shannon ezt a mennyiséget is entrópiának nevezte el. Ha ugyanis egy bizonyos  $P$  közlemény több egyformán valószínű közlemény egyike, akkor az általa képviselt  $I$  információmennyiség fizikai egységekben

$$I = -K \cdot \log P,$$

ahol  $P$  ennek a közleménynek a valószínűsége.

Ily módon lehetővé vált az információmennyiség és a termodinamikai entrópia közötti összefüggés megállapítása, s a köztük levő analógia feltárása.

Természetesen — mint erről már volt szó — ez az analógia csak meghatározott összefüggésben, bizonyos keretek között jogos, s ezeknek a kereteknek a szétfejtése, túllépése metafizikus azonosításhoz vezet. Sok kibernetikus különben el is jutott ehhez a metafizikus azonosításhoz, s azon az alapon, hogy  $A$  est  $A$  (az arisztotelészi [logika azonosítási elve), entrópia = entrópia, azonosítja az információelméletet a termodinamikával, kijelentvén, hogy az információelmélet tulajdonképpen a termodinamika egy része. Maga Wiener, a kibernetika megalapítója is azt mondja, hogy az információ egy részének elvesztése azon az úton, amíg a hírforrástól a felfogókészülékhez továbbítódik, „természetes következménye a termodinamika második főtételének”. J. Neumann is hasonló álláspontra helyezkedik. Pedig az információ objektív jellegénél fogva a valóság egészen más területéhez tartozik, mint a hőenergia.

A fenti megszorításokkal azonban az információmennyiség és az entrópia matematikai és fizikai értelmezésének az összehasonlítása alapján feltétlenül helyesnek tekintendő az a megállapítás, hogy a negatív információmennyiség és az entrópia, vagy mondhatjuk úgy is, hogy a negatív entrópia (negentrópia) és a információmennyiség között teljes analógia van. Az információ, ha a továbbítás során esetleg zavarok jelentkeznek, csakis csökkenhet, de nem növekedhet, éppen úgy, mint valamilyen zárt makroszisztéma negentrópiája.

Fentiek gyakorlati érvényesítésére vizsgáljuk meg a jelek átvitelének, az információ továbbításának valamilyen egyszerű esetét, például azt, amikor közönséges Morse-távírókészülék útján sürgönyt továbbítunk, s a készülékben egy elektromos jeleket leadó készülék össze van kapcsolva valamilyen csatornán keresztül egy felfogókészülékkel. Közismert, hogy a Morse-jeleknek csak két fajtájuk van: vonalak és pontok. Ha mármost valaki válogatás nélkül ütne le vonásokat vagy pontokat a gép billentyűin, akkor rendkívül valószínűtlen volna, hogy az egymást követő jelek sorozata éppen azoknak a szavaknak és mondatoknak feleljen meg, amelyek az üzenetet tartalmazzák. A legvalószínűbb jelsorozatok azok volnának, amelyekben a jelek találomra követnék egymást a csatornán, s mivel a leadót elhagyó minden jelnek  $\frac{1}{2}$  valószínűsége van arra, hogy vonal vagy pont legyen, az így leadott információ teljesen összefüggéstelen híradás volna, amely semmit sem jelentene. Így nyilvánvalóvá válik, hogy az értelmes üzenet, olyan, amely információt szolgáltat, rendkívül valószínűtlen jelenség, amelyet lényegében a küldő (feladó) gondolata, s annak a nyelvnek a szabályai hoznak létre, amelyet használ gondolatai kifejezésére.

Kitűnik tehát, hogy a jelek által átvitt információ mennyisége és az időben egymást követő jelek egymásra következésének valószínűsége között fordított viszony van; az információ mennyisége ugyanis annál nagyobb, minél kisebb a jelek egymásra következésének valószínűsége, vagyis minél kisebb az entrópia. Ha pedig azt a mennyiséget, amely csökken, amikor a jelek egymásra következésének valószínűsége nő, negentrópiának nevezzük, akkor megint eljutunk korábbi megállapításunkhoz, amely szerint az információmennyiség a negentrópia egyik fajtája.

Ezt a konklúziót megerősíti az a tény, hogy az átvitel során különböző okokból lehetséges a jelek eltorzulása — zavarok támadhatnak, amelyek egyes esetekben véletlenül jöhetnek létre, más esetekben pedig többé-kevésbé a továbbítás fizikai feltételei vagy néha a jelek elindulásakor és megérkezésekor a szöveg átírásának fizikai feltételei folytán keletkezhetnek —, s ily módon a kapott üzenet nem teljesen azonos az elküldött üzenettel, s általában szokott néhány hibát tartalmazni, amelyek csökkenthetik a továbbított információt.

Tehát az információ csak csökkenhet, de sohasem növekedhet. Ha például sürgönyileg küldjük el valakinek egy matematikai elmélet bonyolult demonstrációját, a távirat esetleges rossz átvitele következtében a demonstráció lényeges részei úgy megváltozhatnak, hogy a címzett képtelen megérteni vagy rekonstruálni a demonstrációt. Viszont egészen elenyésző mértékben valószínű az, hogy a sürgönyben hibásan fejtenek ki valamilyen matematikai elméletet, s az átvitelben létrejött torzulások következtében a sürgöny éppen a szóban forgó elmélet helyes kifejtését tartalmazza. Ez világosan mutatja, hogy az információnak a továbbítás során mindig csökkenő tendenciája van, az a tendenciája, hogy elveszen, ugyanúgy mint a negentrópia a termodinamikában, s a legkedvezőbb eset, mely a termodinamikában egy elszigetelt rendszer reverzibilis átalakulásának felel meg, az az eset, amikor a negentrópia konzerválódik.

Hogyan megy végbe az információ továbbítása? Ennek megvilágításához mindenképp a vezérlés problémájával kell foglalkoznunk.

A vezérlés lényege: a felvett információ vezérlő jelekké való átalakítása.

A vezérlésnek három mozzanata van: információ-gyűjtés, információ-átdolgozás és a döntés kidolgozása.

Minden automatikusan szabályozott rendszer két főrészből áll: a vezérelt objektumból és a szabályozó rendszerből (regulátorból). Erre a rendszerre az információ továbbításának zárt lánc jellemző.

A regulátortól az objektumhoz az információ vezérlő jelzések formájában kerül továbbításra, s a vezérelt objektumban a vezérlő jelzések hatására nagy energiamentiségű transzformálódnak munkává.

Az információ továbbításának láncát a visszacsatolás jelzései zárják. A visszacsatolás olyan jelzésekből tevődik össze, amelyek a vezérelt objektum állapotáról adnak információt, vagyis az objektumból mennek a regulátorba. Minden regulátornak az a rendeltetése, hogy az objektum valóságos állapotát jellemző információkat vezérlő információkká transzformálja, vagyis olyan információkká, amelyek azután meghatározzák az objektum további mozgását. A vezérlő jelzések átcsapnak a visszacsatolás jelzéseiibe, s ezek megint vezérlő jelzésekbe. Itt is — mint mindenütt — érvényesül az ellentétek egymásba való kölcsönös átcsapásának dialektikus törvénye.

Ily módon a regulátort információ-átalakító berendezésnek foghatjuk fel. Az információ átalakításának a módját a regulátor működésének és konstrukciójának az elvei határozzák meg. A legegyszerűbb esetekben a regulátor egyszerű lineáris átalakító is lehet, amelyben a visszacsatolás jelzése, amennyiben a regulált objektum eltér a kívánt helyzettől (hibajelzés), lineárisan átalakul vezérlő jelzéssé.

A vezérlés fenti sajátosságai, ha formailag különbözőképpen is, de tartalmilag többé-kevésbé azonos módon érvényesülnek a valóság legkülönbözőbb területein: a gépi mechanizmusoknál, az élő szervezetek mechanizmusainál, a magasabb rendű idegműködés folyamatában stb.

Legelőször is a legkorszerűbb gépi mechanizmusoknál, az elektronikus számológépeknél vizsgáljuk meg ezt a problémát.

A kibernetika az elektronikus számológépeket általános szempontból információkat feldolgozó vezérlő rendszereknek tekinti. Ezeknek a rendszereknek legegyszerűbb, alapvető működési elvei a következők:

A gép végre tudja hajtani az alpműveleteket, két szám összeadását, kivonását, valamint a szorzást, az osztást, a számok nagyságának összehasonlítását, figyelembe véve az előjeleket, és még néhány műveletet. A gép minden

egyres ilyen műveletet meghatározott utasítás alapján végez el. Az utasítás megszabja, hogy a gépnek milyen műveletet, milyen számokkal kell elvégeznie, és hová kell elhelyeznie a művelet eredményét.

A gép működési programját az ilyen utasítások egymásutánja adja meg. A matematikusnak a programot előre össze kell állítania, és a feladatot megoldás végett átvinnie a gépre. A feladatot azután a gép automatikusan, emberi beavatkozás nélkül oldja meg. A gép a programot egyezményes, számokból álló jelkulcs (code) formájában kapja meg, s ezt a kódot a feladat megoldása közben megfelelő módon lefejtve végrehajtja az utasítást.

Az elektronikus számológépek működésében igen fontos a következő két sajátosság:

1. A gép képes arra, hogy a számolás folyamatosan kialakuló eredményeitől függően automatikusan megváltoztassa a számolási folyamat menetét. A program utasításait a gép rendszerint abban a sorrendben hajtja végre, ahogyan a program előírja. Gyakran előfordul azonban, hogy a számolás folyamán olyan eredmények adódnak, amelyek szükségessé teszik a számolás menetének, például a számítások alapjául szolgáló képletnek vagy valamilyen konstans értékének stb. a megváltoztatását. A gép képes ilyen változtatásokra.

2. Annak következtében, hogy a gép a programot egyezményes számok egymásutánjának a formájában kapja, és ezt a programot ugyanabban az emlékezőberendezésben tartja meg, mint a rendes számokat, az elektronikus gép nemcsak a rendes számokon tud műveleteket elvégezni, vagyis nemcsak azokon a számokon, amelyek a feladat megoldásában szereplő értékeket képviselik, hanem a program utasításában szereplő egyezményes számokon is. A gépnek ez a tulajdonsága lehetővé teszi, hogy akár az egész programot, akár egyes részleteit a számítás folyamata alatt átalakítsuk és sokszorosan megismételjük. Ez csökkenti a gépre eredetileg rávitt program térfogatát, és nagymértékben megrövidíti a program összeállításának idejét.

Az elektronikus számológépeknek ez a két sajátossága alapvető jelentőségű a számolási folyamat teljes automatizálása szempontjából. Ez a két elvi sajátosság lehetővé teszi, hogy a gép megfelelő kritériumok alapján értékelje a számolás folyamán nyert egyes eredményeket, és saját maga dolgozza ki a további munkaprogramot, miközben csak néhány általános elvre támaszkodik, amelyeket a gépnek eredetileg adott programban rögzítettek le.

A számológép működési elvében tehát az a legfontosabb, hogy mindig közreműködik egy önszabályozó folyamat, amelyet egyrészt a gépbe juttatott kiindulási adatok jellege és az eredetileg bejuttatott program kiindulási elvei, másrészt viszont a gép konstrukciójának úgynevezett logikai tulajdonságai határoznak meg. Elsősorban éppen ezeknek az önszabályozó folyamatoknak, speciálisan a formális logika törvényeinek megfelelő folyamatoknak az elmélete képviseli az elektronikus számológépek elméletének azt a részét, amellyel a kibernetika foglalkozik.

A kibernetika a számológépek működését analógiába helyezi az emberi agy működésével. Jellemző erre, hogy Norbert Wiener amerikai matematikus, a kibernetika atyja, annak érdekében, hogy tanításait kiterjeszthesse a fiziológiára s ezen belül a magasabb rendű idegműködésre is, habozás nélkül bizonyos mértékig fiziológussá képezte ki magát, és kérte felvételét, mint kutató a Mexikói Nemzeti Kardiológiai Intézetbe.

Az élő szervezetben valóban bizonyos mértékig hasonló folyamatok mennek végbe, mint az elektronikus gépekben, következésképpen a számológépek működésének egyes törvényszerűségei, ha más megnyilvánulási formában, de lényegében többé-kevésbé érvényesülnek az élő szervezetekben is.

## II. Az emberi agy és a gép viszonya : „a kibernetika alapkérdése”. A „gondolkodó” gépek

Az emberi agy és a gép viszonya elvi jelentőségű kérdés, és éppen ezért sokszor „a kibernetika alapkérdésének” nevezik. Az emberi agy funkciói és az elektronikus gép műveletei között valóban vannak lényeges hasonlóságok: mind a gép, mind az agy bizonyos híreket (információkat) kap kívülről, és ezeket feldolgozza. A gépben elemek — például elektroncsövek állanak egymással összeköttetésben, az agyban — idegsejtek. Az elektroncső jelfogóként működhet, és kétféle tevékenysége lehet: vagy vezeti, vagy pedig nem vezeti az elektromos áramot. Az idegsejtnél is hasonló a helyzet: vagy vezeti, vagy nem vezeti az idegimpulzust, vagy az ingerület, vagy a gátlás állapotában van. A gép működését elektromos impulzusok jellemzik, az agy működését idegimpulzusok. Az elektronikus számológépek felépítésüket és a bennük lejátszódó folyamatok struktúráját tekintve bizonyos fokig az idegrendszer és az idegfolyamatok fizikai analógjai (modelljei).

Kimutatott tény, hogy valóban objektív analógia áll fenn a meghatározott gépi berendezések és az élő szervezetek vagy, konkrétan — az elektronikus számológépek, a logikai gépek és a magasabb rendű idegműködés között. Ez azonban nem jelent metafizikus azonosságot, hanem dialektikus azonosságot, vagy ahogyan Hegel mondta „az azonosság és a nem-azonosság azonosságát”. Az azonosság és a különbözőség dialektikája a marxista filozófiának egyik rendkívül fontos, és — véleményem szerint — nem megfelelő mértékben előtérbe helyezett kérdése, amely főképpen a kibernetika alapkérdésének a megoldásakor tesz szert különös jelentőségre.

Ezzel a kérdéssel összefüggésben ma is teljes mértékben igaz Engels fejtegetése: „A régi metafizikai értelemben vett *azonossági tétel* — ez a régi szemlélet alapvető tétele:  $a = a$ . Minden dolog önmagával egyenlő. Minden állandó volt, a naprendszer, a csillagok, a szervezetek. Ezt a tételt a természetkutatás minden egyes esetben sorra-rendre megcáfolta, elméletileg azonban még tartja magát, és a régi hívei még mindig szembeszegeznek az újjal: 'valami nem lehet egyidőben önmaga és valami más is'. Pedig a természetkutatás újabb részletesen bebizonyította, . . . hogy az igazi konkrét azonosság magában foglalja a különbözőséget, a változást.” (Engels: A természet dialektikája. Szikra, 1952. 225. o.)

Az abszolút azonosság kizárja a változást. Pedig a világ szemmel láthatóan változik, fejlődik, s így ezt abszolút azonosság esetén csak az úristen segítségével lehetne megmagyarázni.

Az azonosság fogalma absztrakció, mely az egyes, egymástól kisebb vagy nagyobb mértékben különböző konkrétumok közös mozzanatait emeli ki. Minden azonosság tehát csak viszonylagos, csak bizonyos összefüggésekben, bizonyos vonatkozásokban azonosság, de ezeken túl már nem azonosság, hanem különbözőség. Az azonosság tehát a valóságban és a gondolkodásban fennálló

összefüggések egyik, de nem kizárólagos eleme, mozzanata. Kifejezi a viszonylagos állandóságot.

Amikor a tudomány azonosságot állapít meg, ez mindig annyit jelent, hogy két vagy több dolog *bizonyos vonatkozásban* azonos, más vonatkozásban azonban már nem azonos, hanem nagyon is különböző. A kibernetikus gépek bizonyos vonatkozásokban azonos műveleteket hajtanak végre, mint az emberi agy. Úgyanakkor az agy minőségileg különbözik akármilyen kibernetikus géptől. A legmodernebb kibernetikus gépek *bizonyos értelemben* „logikai képességekkel” rendelkeznek, olyan „tulajdonságokkal”, amelyek az emberi agyra jellemzők. Ez az analógia azonban nem abszolút, hanem viszonylagos, nem az egészre, hanem csak a részre vonatkozik. Az emberi agy nemcsak ezekkel a tulajdonságokkal rendelkezik, hanem végtelenül sok tulajdonsággal, és az emberi agy tulajdonságainak emellett a végtelen fejlődésre is lehetőségük van. Az emberi agy fejlődésével a gépek is egyre jobban tökéletesednek, de az ember és a gép között mindig óriási lesz a távolság, nem csökken a mély minőségi különbség. A gépek szellemi téren sohasem tudják majd teljesen kiszorítani az embert. Természetesen a gépek fejlődését sem lehet korlátok közé szorítani. Minden valószínűsége megvan annak, hogy a jövőben olyan problémákat, amelyeket ma csak egyes tudósok képesek megoldani, a gépek meg tudnak majd oldani, túllépve a formális logika kereteit. A kibernetikus gépek fejlődése azonban hatalmas mértékben előmozdítja az emberi agy tökéletesedését, hiszen a kölcsönhatás egyetemes dialektikus törvénye itt is érvényesül. Az elektronikus számológépek kiszélesítik az emberi agy lehetőségeit, megszabadítják a primitívebb és egyhangú gondolkodási tevékenységtől, például különféle statisztikai munkálatok végrehajtásától, menetrendek összeállításától, a szállítástervezéssel, áruellátással, termeléssel összefüggő számolási feladatok megoldásától stb. Az embereknek így sok szellemi energiájuk és idejük szabadul fel egyéb, magasabb rendű gondolkodási műveletek elvégzéséhez, általában a tudományok fejlesztéséhez. Az elektronikus számológépek megalkotása és a magasabb rendű idegműködés folyamatainak a modellezésére való alkalmazása lehetővé teszi, hogy mélyebben hatoljunk be a magasabb rendű idegműködés törvényeibe, s ezek tökéletesebb ismerete, egyes új törvények feltárása alapján tökéletesítsük agyunk működését, megismerő erejét, alkotó tevékenységét.

A kibernetikai technika, a magasabb rendű automaták tehát módot nyújtanak arra, hogy senki se legyen arra kárhóztatva, hogy idejét és szellemi erőit bonyolult, fárasztó, egyhangú műveletek elvégzésére fordítsa. Ily módon mindenki számára hozzáférhetővé válik majd a magasabb rendű szellemi munka, az alkotás, a művészet öröme, a lelki élet gazdagságának a teljessége.

De lehet-e a számológépek működését gondolkodásnak nevezni? Erre a kérdésre még a materialista kibernetikusok sem adnak egységes választ. Sőt, szovjet tudósok részéről is hangzanak el olyan vélemények, amelyek szerint nincs minőségi különbség az emberi és a „gépi” gondolkodás között, mivel — e vélemények szerint — nem lehet éles határvonalat húzni a gondolkodás mechanikus és alkotó jellege között. A dialektika jegyében igyekszenek elmosni az itt fennálló minőségi különbségeket, s ugyanakkor elszakítják a mennyiséget a minőségtől, ami dialektika-ellenes.

Itt merül fel a kibernetika úgynevezett alapkérdése, amely egyebek között abban is különbözik a filozófia alapkérdésétől, hogy itt mindenki, az idealisták is elismerik az ember elsődlegességét a géppel szemben. A prob-

léma ott kezdődik, amikor arról van szó, hogy a gép, miután létrejött, létezhet-e és továbbtermelheti-e önmagát egyre magasabb fokon az ember közreműködése nélkül, mégpedig szakadatlanul, a végtelenségig. Vagyis elképzelhető-e racionálisan egy olyan fejlődési szakasz bekövetkezése, amikor a gépek teljesen függetlenítik magukat az embertől, sőt esetleg szembe is fordulnak vele, harcolnak ellene, leigázzák az embert, sőt „kizsákmányolják”.

Ilyesfajta elképzeléssel azelőtt is találkozhattunk, de kizárólag csak fantasztikus írásművekben. Karinthy Frigyes például, a mély gondolkodó és zseniális humorista ezt írja egyik novellájában, amikor a „Felszabadult és Önálló gépek korszakáról” beszél: „... mi, szerves mechanizmusok, bizony elég csehül állunk abban az időben, a hatalmas és erős, és főként nagyon elszaporodott szeretlen automatizmusokkal folytatott egyenlőtlen harcban. Csaknem kiirtottak bennünket... Úgyszólván az utolsó percben sikerült fölnyibe jutni, visszahódítani a Földet, néhány a Vénusz bolygóra emigrált társunk segítségével... Ezek... visszatértek, megszervezték az ellenállást, legyőzték a gépmasztodonok és benzinhüllők prehisztorikus birodalmát... Egy részét kiirtottuk, a másik része kihalt, egyetlen szeretlen anyagból szerkesztett mechanizmus se él ma már ezen a bolygón, ...” (Karinthy Frigyes: Humoreszkek. Vidám könyvek. Magvető Könyvkiadó, 1959. 191. o.)

Karinthy azonban senkitől sem várta vagy követelte, hogy a fentebb vázoltak bekövetkezésének valószínűségét vagy akárcsak lehetőségét komolyan vegye. Egyes kibernetikusok viszont megkövetelik, hogy többé-kevésbé hasonló elképzeléseiket törvényszerűen megvalósulónak tekintsék.

W. Ross Ashby például, a híres kibernetikus „A gondolkodóképeséget erősítő berendezések felvázolása” című cikkében azt állítja, hogy az önmagukat megszervező technikai rendszerek, állandóan tökéletesítve önmagukat, idővel még a legzseniálisabb ember szellemi képességeit is felülmúlhatják. D. M. Mackey „Automatákkal való fogalomalkotás problémái” című cikkében pedig azt bizonygatja, hogy az automata új fogalmakat tud alkotni. Az ilyesfajta nézetekkel a későbbiek során alaposabban foglalkozunk majd.

Térjünk át most a kibernetika egyik újabb és igen fontos irányzatára. Az utóbbi években rendkívül érdekes kísérletek folynak a vezérlőberendezések olyan képességekkel való felruházására, amelyek segítségével ezek a berendezések fel tudják kutatni valamilyen kitűzött feladat legjobb megoldását. Az első lépések egyike ezen az új úton az a kibernetikus gép, amelyet a pszichológus-kibernetikus Ross Ashby szerkesztett, s amelyet alkotója homeosztátnak nevezett el.

A gép működési elve a következő: a gép, bizonyos adott feltételek közé helyezve, igyekszik olyan állapotot elfoglalni, mely a külső hatásokkal szemben stabilis. A kezdeti pillanatban a gép vezérlőberendezését meghatározott módon kapcsolják be. Ha az adott kapcsolási mód nem teszi lehetővé a gép számára, hogy megtalálja a stabilis állapotot, akkor maga a gép valamilyen tényező behatására átkapcsolja vezérlőberendezését, és utána folytatja a stabilis állapot kutatását. A gépbe betáplált lehetőségek elégségeseknek bizonyulnak ahhoz, hogy bizonyos idő múlva valóban kialakuljon a stabilis állapot. Ily módon a gép olyan tevékenységet fejthet ki, amelynek egyes (noha nem döntő) mozzanatait tervezője egyáltalában nem látta előre.

J. Neumann „önmagukat reprodukáló” modelljeivel, és Ashby homeosztátájával kapcsolatban Trapeznyikov szovjet akadémikus az Izvesztija 1962. febr. 8-i számában a következőket írja:

„... vajon egy gép képes-e arra, hogy olyan funkciókat hajtson végre, amelyeket előzőleg nem helyeztek beléje? Erre a kérdésre pozitív választ lehet adni. Valóban úgy van, hogy egy rendszer konstruktőrije . . . nem a gép magatartásának azt az elvét helyezi bele a gépbe, amely egyik vagy másik esetben követelményként merül fel. Elégséges az, hogyha a konstruktőr rendszerét egy sokkal általánosabb tulajdonsággal látja el, azzal a képességgel, hogy tökéletesedjék és tanuljon . . . Ennek a képességnek a realizálásánál az automaták maguk fogják kidolgozni magatartásuk optimális elveit és struktúráját, s egyes esetekben ezek az optimális elvek és struktúrák magára a konstruktőrre is meglepőek lesznek.”

A fenti idézet határozottan mutatja a kibernetikus gép és az emberi agy viszonyának rendkívüli bonyolultságát. Ennek a viszonyoknak a tisztázásánál különösen nagy szükség van a dialektikus materializmus iránytűjének szakavatott, megbízható kezelésére, mert ellenkező esetben könnyen olyan mellékösvényre tévedhetünk, amely az idealizmus vagy a metafizikus materializmus zsákutcájába torkollik.

Különös jelentőségük miatt meg kell még említenünk az úgynevezett szimulátorokat, az élő szervezet egyes funkcióinak, érzékelő szerveinek az „utánozóit”. Több ilyen szimulátor-fajta van, a legérdekesebbek közöttük azok a mesterséges állatok, amelyeket Grey Walter bristoli elektro-encefalografus konstruált. Az első ilyen „állat” teknősbéka alakú készülék volt, ezért ezeket a mesterséges állatokat, alakjuktól függetlenül, automatikus teknősbékáknak nevezik. Van például olyan „teknősbéka”, amelynek három kereke van, kis motorja és akkumulátorjai, amelyek lehetővé teszik számára, hogy önállóan helyváltoztató mozgást végezzen. Feje is van az állatnak, benne fényelem, amely lehetővé teszi számára a látást. Ez az „állat” úgy van megszerkesztve, hogy a legnagyobb megvilágítást keresse, s így ha valahová elhelyezik, jobbra-balra forgatva fejét keresi azt az irányt, amelyben a számára kedvező világítást találja, majd megindul ebbe az irányba. Ha valamilyen fényát nemeresztő tárgyat tesznek az útjába, akkor megáll, minden irányban kikémléli a világítást, elindul az egyik irányba, majd a másikba, visszajön, „habozik”, míg végül is eltökéli magát, megkerüli az akadályt, és elindul a legjobban megvilágított hely felé.

A külső megfigyelő számára ez a szerkezet valóban úgy viselkedik, mint egy olyan állat, amelynek csupán egyetlen érzékszerve van, a látás, és ennek segítségével kell megvédenie magát valamilyen veszélyekkel teli környezetben, vagy ennek segítségével kell megkeresnie a táplálékát. Az a látás, mintha megvolna benne az önfenntartási ösztön. Pedig élettelen szerkezet, fémdarabokból, fényelemekből, motorokból és más hasonló elemekből tevődik össze. Csupán szimulátor — de fiziológiai-pszichológiai jelenségek utánozója.

Látható tehát, hogy ezek a teknősbékák utánozzák a feltételes reflexeket, s ezek a „reflexeik” teljesen analógok az élőlények hasonló reflexeivel. Egyes ilyen teknősbékák, hasonlóan az állatokhoz, amelyek az éhségtől ízve ételmet keresnek, képesek arra, hogy valamely energiaforrásból energiát vegyenek fel, „táplálkozzanak”, amikor tartalékaik kezdenek kimerülni.

Ezek után megint nem kell csodálkozni azon, ha felmerül a kérdés, hogy vajon az állat és maga az ember nem olyan „robotgép”-e, amely a szervezettség különösen magas fokát érte el? Általában az automaták konstruálásában elért sikerek látszólag újabb érveket adnak azok számára, akik minden életfolyamatot kizárólag mechanikai és fizikai-kémiai alapon magyaráznak. És minthogy

az automaták fejlődése előtt óriási távlatok nyíltak meg, ez az egyetlen tény is mutatja, hogy a dialektikus materializmus filozófiájának egyre nagyobb mértékben kell foglalkoznia a kibernetika által felvetett problémákkal.

### *III. Kritikai megjegyzések*

Miután többé-kevésbé vázlatosan foglalkoztunk a kibernetika néhány legfontosabb, legérdekesebb fogalmával és legjelentősebb sikerével, befejezésül szeretnénk néhány kritikai megjegyzést tenni azzal a célzattal, hogy megvonjuk a kibernetika magyarázó erejének, hatókörének a határait, s megcáfoljuk e határok túllépéséből eredő metafizikus, idealista következtetéseket.

A kibernetika tárgyról meglehetősen különbözők a vélemények. Egyesek túlságosan leszűkítik, mások pedig nagyon is kibővítik a kibernetika tárgykörét. Ez utóbbi irányzat azonban egyre jobban túlsúlyba kerül, mivel a kibernetika sikerei ehhez állandóan tápot, ösztönzést adnak. Vannak szovjet tudósok, például Szoboljev és Ljapunov, akik szerint indokolatlan a kibernetika tételeit kiterjeszteni a társadalomra. Mások, például Bulgáriában Todor Pavlov, még jobban leszűkítik a kibernetika tárgykörét, és kizárják belőle az élő szervezetekben végbemenő ellenőrzés és vezérlés problémáit. E felfogás szerint a kibernetika csupán az elektronikus számológépek szerkesztésének és üzemben tartásának a matematikai elmélete. A kibernetika tárgyának effajta leszűkítése gátat emelhet ennek a perspektívákban rendkívül gazdag fiatal tudományágak a fejlődése elé.

Nagyobb figyelmet érdemel azonban a kibernetika tárgyának indokolatlan kibővítése. Itt azután valóban a legtarkább nézetekkel találkozunk, amelyek közül egyesek egyenesen a fantasztikumba torkollanak. Sokan a kibernetikát valamiféle egyetemes tudománynak, a „tudományok tudományának” tekintik — valamikor a filozófiával kapcsolatban is volt ilyen elképzelés —, amely mindent megmagyaráz, s mellette valamennyi többi tudomány csak afféle segéd szerepet játszik. Tehát a fizikus, a vegyész, az orvos, a közgazdász stb. vonuljon a háttérbe, és adja át a teret a kibernetikusnak — sőt még a filozófustól is ezt kívánják, mert olyan elgondolások is akadnak szép számmal, hogy a kibernetika valamennyi tudomány közös világnézeti és módszertani alapja. E felfogás szerint tehát a dialektikus materializmust is lényegében fel kell váltani a kibernetikával.

Ez az elgondolás annyira képtelen, hogy talán nincs is szükség bővebb cáfolatára. A kibernetika a többi szaktudományok egyike, és lényegében csupán a valóság különböző területein az önműködő szabályozású rendszerek vizsgálata, az információ felvételének, továbbításának és átalakításának a struktúrájában közös vonások tanulmányozására tarthat igényt. Ezeket a közös vonásokat azután matematikai egyenletekben fejezi ki, és megvizsgálja, hogy ezek az egyenletek kutatási és gyakorlati célokból miképpen alkalmazhatók a valóság különböző folyamataira.

A kibernetika semmiképpen sem fogható fel filozófiának, mert tárgyánál, módszerénél, alkalmazási lehetőségeinél fogva természettudomány. Következésképpen semmiképpen világnézeti alapot nem adhat más tudományoknak, hiszen maga sem világnézeti jellegű. A kibernetika, ugyanúgy mint bármely más műszaki- és természettudomány, önmagában véve független az osztályok érdekeitől, nem pártos, s így nem is tartozik a társadalmi felépítményhez.

Persze a kibernetika eredményeiből is le lehet vonni, és le is vannak mindenféle pártos jellegű következtetéseket, de ez már — filozófia. Nincs és nem is lehet olyan műszaki vagy természettudományos elmélet, amelynek ne lennének filozófiai vonatkozásai. Ezzel azonban még e tudományok egyike sem válik filozófiává. A filozófia — ellentétben a kibernetikával és minden természettudománnyal — alapvetően világnézeti jellegű, mindig az osztályok érdekeit fejezi ki, tehát pártos, s így a felépítmény részét képezi.

De talán a kibernetika módszerét mégis lehetne egyetemesnek, univerzálisnak, filozófiai módszernek tekinteni? Erre a kérdésre is tagadólag kell válaszolni. Nem lehet izoláltan vizsgálni az elmélet és a módszer kérdését. Egyetemes jellegű, filozófiai módszer csak filozófiai elmélettel párosulhat. A kibernetika, csakúgy mint a fizika, a matematika és más szaktudomány, rendelkezik bizonyos sajátos módszerekkel, amelyek adekvátak a tárgyköréhez tartozó feladatok megoldásával, de mindezek a módszerek bizonyos általánosabb vonásokat is tartalmaznak, bizonyos általános vizsgálati eljárásokkal, valamilyen általános *filozófiai* módszerrel függnék össze. A kibernetika módszere lényegénél fogva dialektikus, és eredményei a materializmust igazolják — de ezért még nem lehet azonosítani a kibernetikát a dialektikus materializmussal.

A marxista filozófiát úgy is lehet jellemezni, hogy az egyetemes összefüggések, kölcsönhatások tudománya. A kibernetika viszont a világmindenség egyetemes kölcsönhatásainak csupán egyikét vizsgálja — a kölcsönös információt. A kibernetika a korábban ismert összefüggések, fizikai, kémiai, biológiai, társadalmi-gazdasági, logikai kölcsönhatások mellé odaállította a valóság számos folyamatára nézve lényeges jelentőségű információ és kölcsönös információ összefüggését is, és ez igen pozitív tette, de ez semmiképpen sem jelenti a dialektikus materializmus „kiszorítását” vagy cáfolatát, hanem csak újabb oldalról való igazolását, mint az eddigi fejtegetéseinkből is láthattuk.

A kibernetika területén a tudomány még csak az első lépéseket teszi, s a továbbfejlődés távlatai mind elméleti, mind gyakorlati irányban szinte határtalanok. Éppen ezek, a valósággal szédítő perspektívák váltanak ki azután még nagynevű híres tudósoknál is bizonyos torzításokat, indokolatlan túlbecsülést a kibernetika jelentőségével kapcsolatban. Ez a torzítás, a kibernetika jelentőségének ez a túlbecsülése — amiről az előzőekben konkrétan beszéltünk — erősen gátolhatja a kibernetika továbbfejlődését, és világnézeti szempontból is kárt okozhat, alapot adva vulgármaterialista, metafizikus, idealista stb. koncepciók létrejöttéhez. Ezért a szaktudósok mellett a filozófusoknak is feladatuk felvenni a harcot fenti tendencia ellen. A kibernetika eredményeinek és nagy-szerű fejlődési lehetőségeinek az elismerése mellett arról is kell beszélni, hogy itt még sok minden a forrás, a kialakulatlanság állapotában van — ami különben természetszerűen folyik abból, hogy ez a tudomány még csak rendkívül rövid múltra tekinthet vissza. Nem tagadható például, hogy a kibernetikának eddig elfogadott számos következtetése tulajdonképpen csak többé-kevésbé sikerült hipotézis, amelyet nem támaszt alá pontos analízis és a modellek szintézisének tapasztalata.

Vizsgáljuk meg például az entrópia és az információ analógiáját. Bármennyire hasznos és vonzó is az információnak a negentrópiába való beolvasztása, azért itt is vannak bizonyos nehézségek. Először is magának az információ-mennyiségnek a definíciója még nincs kétségbevonhatatlan módon megalapozva. Felmerül az a kérdés is, hogy lehet-e az információ mennyiségének olyan definíciót adni, amely független volna a felhasználástól, attól, hogy mit

akarunk az információval csinálni. Mindez zavaró lehet, ha teljes párhuzamos-ságot akarunk megállapítani az információ és az entrópia között. Ezeknek a kérdéseknek mélyebb taglalásába itt nem szándékozom belemenni, csupán jel-zem a problémát.

Vagy lássunk egy másik problémát. Ismeretes, hogy ha egy elszigetelt rendszerben termodinamikai átalakulások mennek végbe, a rendszer entró-piája csak növekedhet (vagy reverzibilis átalakulások esetén bizonyos határo-kon belül állandó maradhat). Alkalmazzuk megint a negentrópia kényelmes kifejezését, és ebben az esetben megállapíthatjuk, hogy a negentrópia egyre csökken. Amikor egy test negentrópiát enged át egy másik testnek, akkor a receptor (felvevő) test által megszerzett negentrópia *legfeljebb* egyenlő azzal, amelyet a leadó test elveszített. Ezt különben könnyű példákon igazolni. Tehát mindannyiszor, amikor bizonyos testek negentrópiát vesznek fel, szüksé-ges ellentétként más testek negentrópiája csökken.

Mármost, ha ugyanezt megnézzük az információval kapcsolatban, a dol-gok nem teljesen ugyanígy mennek végbe. Amikor egy tanár megtanítja hall-gatóit mondjuk a dialektikus materializmus törvényszerűségeire, információt ad nekik, de ő maga semmiképpen sem veszít ezekből az információkból, mert az a tény, hogy éppen most tanította meg hallgatóit a dialektikus materializmus törvényeire, egyáltalában nem vonja maga után azt a következményt, hogy elfelejti ezeket a törvényeket (ebben az esetben lehetetlenné válnék minden oktatás), hanem inkább még jobban megtanulja.

Itt tehát nyilvánvalóan az a benyomás jön létre, hogy az információ és a negentrópia közötti analógia nem folytatható tovább. Mivel pedig ez az analó-gia tökéletesnek látszott, amikor fizikai eljárásokkal vittünk át információkat, s az átvitel során az információ csak csökkenhetett, most az a vélemény alakul-hatna ki, hogy az itt felmerült nehézség onnan származik, hogy ezúttal élőlé-nyekről van szó. Ez a vélemény azonban egyáltalában nem volna helyes. Egy számológép-ugyanis, amely „emlékezettel” van felszerelve nagyon is képes arra, hogy felhasználóival közölje számításainak eredményeit, azaz információt adjon, miközben teljes mértékben megőrzi emlékezőberendezésében ezeket az eredményeket.

Sok kutató ezt a nehézséget nagyon fontosnak tartja, és olyan jellegűnek, amely kétségessé teszi az analógiát az információ és az entrópia között. Pedig ez a kibernetika legmagávalragadóbb eredményeinek egyike. Természetesen ez a fenntartás nem jelenti az egész analógia metafizikus tagadását, teljes elveté-sét, csupán felhívja a figyelmet a problémára. A kutatók bizonyára megtalálják majd a módját e nehézség leküzdésének. Mindenesetre nyilvánvaló, hogy az egész kérdés még nem lezárt.

Láttuk az előzőkben, hogy a kibernetika általában a fiziológiának s külö-nösen az idegrendszer fiziológiájának rendkívül fontos szempontokat és alap-vető kiindulási pontokat szolgáltat. Sőt az a benyomás is keletkezhetett, hogy a kibernetika feladata felvilágosítást adni értelmünk, agyunk működésének nem egy momentumáról. Nem teszi-e majd a kibernetika lehetővé, hogy teljesen megértsük az életjelenségeket? Grey Walter teknősbékája nem mondható-e már majdnem élőlénynek? Korunk nagyszerű, óriási méretű számológépei nem képezik-e máris valamiféle működést kifejtő agyvelők bizonyos fajtáit? Ezekre a kérdésekre is negatív választ kell adnunk.

Itt két, filozófiailag igen jelentős problémát kell, ha csak nagy vonalakban is, érinteni: az élet és a tudat problémáját.

Engels híres definíciója szerint az „élet a fehérjetestek létezési módja, és ez a létezési mód lényegében testek vegyi alkotórészeinek állandó önmegújításában áll . . . a fehérjetest környezetéből más alkalmas anyagokat felvesz, azokat asszimilálja, miközben a test más, régebbi részei szétbomlanak és kiküszöbölődnek . . . Attól a pillanattól fogva, amikor a fehérjetest alkotórészeinek e folytonos átalakulása, a táplálékfelvétel és a kiválasztás állandó váltakozása megszűnik, attól a pillanattól fogva megszűnik maga a fehérjetest is, szétbomlik, azaz *meghal*. A fehérjetest élete . . . nem valamely kívülről reáható folyamat következménye, ahogy ez az élettelen testeknél is bekövetkezhetik. Ellenkezőleg, az élet, a táplálékfelvétel és kiválasztás útján végbemenő anyagcsere önmagát végrehajtó folyamat, amely hordozójával, a fehérjével inhaerens, veleszületett, amely nélkül nem létezhetik.” (Engels: *Anti-Dühring*. Szikra, 1948. 78—79. o.)

Ez a definíció az eddig ismert földi élet legmagasabbfokú általánosítása, amely lényegében véve azt mondja ki, hogy az élet nem egyéb, mint anyagcsere folytató fehérjetestek létezési módja. Ismeretes, hogy ez az anyagcsere egyebek között az önreprodukción és a haladó fejlődést is szolgálja. Ugyanakkor a magyar származású Neumann János kiterjedt matematikai apparátus és modellkísérletek alapján kimutatta, hogy elvileg minden lehetőség megvan arra, hogy „önmagukat reprodukáló” és „önmagukat tökéletesítő” gépeket, vagyis olyan gépeket konstruáljunk, amelyek megalkotásuk után minden újólagos emberi beavatkozás nélkül magukhoz hasonló, de tökéletesebb gépeket gyártanak, s olyan kibernetikai rendszereket, amelyeknek a szerkezete és funkciója a környezettel való kölcsönhatás folyamán oly módon változik, hogy egy meghatározott stabil állapothoz közeledik.

Itt válik az élet filozófiai problémája kibernetikai problémává. Lehetséges-e a kibernetika tudományának segítségével olyan alakulatokat teremteni, amelyek analógok a természetes élettellel, amelyek önmagukat újratermelik, struktúrájukat automatikusan tökéletesítik, s így olyan előrehaladást érnek el, amely bizonyos mértékben az élő formáknál elért előrehaladáshoz hasonló?

Az ilyen módon feltett kérdésre szükségszerűen igennel kell válaszolni, hiszen — mint már említettük — ilyen kibernetikai alakulatok, mechanizmusok megalkotása elvileg lehetséges. Súlyos hiba volna azonban annak a feltételezése, hogy az ilyen kibernetikai mechanizmusok valóban életműködést végeznének. Ez a ténylegesen fennálló, valóságos analógia abszolutizálása, ad abszurdum vitele volna.

Igen, van analógia az életműködések és a kibernetikus gépek bizonyos funkciói között, de ez nem abszolút, hanem viszonylagos. Az azonos vonások mellett igen sok a lényeges különbözőség, s éppen ezek révén áll fenn mély minőségi különbség az élő és az élettelen között. A fentebb idézett engelsi meghatározás tartalmazza ennek a minőségi különbségnek legdöntőbb elemeit. A. I. Oparin, Engelsnek abból a megállapításából kiindulva, hogy az „élet a fehérjetestek létezési módja”, az élő szervezetek és a gépek közötti minőségi különbség jellemzői közül a következőket emeli ki (l. Voproszi Filozofii, 1963. 1. sz. 151. o.):

1. Különböznek anyagi jellegüknél fogva; az élőlények fehérjetestekből állnak, a gépeknél fehérjetestek nem fordulhatnak elő.

2. A protoplazma organizációja folytonos, megszakíthatatlan jellegű, míg a gépek alapvető konstrukciója sztatikus.

3. Különböznek energetikai jellegükben.

4. Különböznek azokban a módszerekben, amelyek segítségével leküzdik az entrópiát.

Oparin véleménye szerint az élő szervezetek és a gépek közötti analógia éppen azt nem tudja megmagyarázni, amit meg kellene magyaráznia — az élőlények organizációjának „célszerűségét”. Az élőlények egész szervezetének alkalmazkodását létfeltételeikhez, felépítésük „célszerűségét” Oparin megállapítása szerint csupán a szervezet és a külső környezet kölcsönhatása specifikumának a megismerése és a természetes kiválasztódás darwini elve alapján lehet megérteni.

Az élet önmagának szakadatlan elpusztításából és megújításából áll, melynek során állandóan újratermeli az asszimiláció és a disszimiláció dinamikus egyensúlyát. Az emberi szervezetben is szünet nélkül a sejtek nagy tömegei pusztulnak el, és új sejtek keletkeznek. Éppen a keletkezésnek és az elmúlásnak ez a dialektikus egysége alkotja magát az életet. Ha az ellentéteknek ez az egysége felbomlik, megszűnik az élet. Az élethez azonban, mint szükségszerű kiegészítője hozzátartozik a halál, amikor a dinamikus egyensúly helyébe a sztatikus egyensúly lép, az entrópia kiteljesedik. A halál — figyelmen kívül hagyva itt az ún. klinikai halált — irreverzibilis folyamat. A fehérjetestek felbomlanak, és — a tudomány mai állása szerint — semmiféle energiaközlés révén nem sikerülhet megfordítani a folyamatot, visszaállítani az életfunkciókat. Mindez nem áll a gépekre. Az egyes emberek szükségszerűen és véglegesen meghalnak, de maga az emberi nem megmarad. Az életműködések az öröklés és az alkalmazkodás ellentétének a dialektikus egységében, a társadalmi fejlődés és a természetes kiválasztódás alapján egyre magasabb fokra emelkednek, s az emberi generációk sírhantján új, fejlettebb nemzedék sarjad ki. Vajon érvényesek lehetnek-e az eddig elmondottak akármilyen tökéletes gépre vonatkozóan?

Az élő és az élettelen közötti mély minőségi különbség tagadása tipikus példája a metafizikus azonosításnak, és bizonyos fokig visszatérést jelent a hylozoizmushoz, ehhez az ősi, naív felfogáshoz, amely szerint minden anyag élő.

Az ember meg akarja ismerni a világot, hogy céljai szolgálatába állíthassa. Ennek a megismerési folyamatnak az eredményeképpen képes arra, hogy a természet egyes folyamatait mesterségesen létrehozza, utánozza úgy, ahogyan ez céljainak a legmegfelelőbb. A világ azonban végtelen. Az ember *képes* megismerni ezt a végtelen világot, képes eljutni az abszolút igazsághoz — de csak az egymást követő generációk végtelen során keresztül. Vagyis gyakorlatilag sohasem következik be egy olyan pillanat, amikor az emberiség már mindenről mindent tud, és ölbetett kézzel bámulja a végre elért abszolút igazságot. Csodadolgokat hajthat végre, fellebbentheti a fátylat az élet „titkáról”, meghódíthatja a világűr, ma még elképzelhetetlen méretekben és ütemben fejlesztheti sajátmagát, az emberi társadalmat, de mivel a világ végtelen, és amellet folyton változik is, az abszolút igazság birtokába csak a végtelenben jut, vagyis gyakorlatilag soha.

Elvileg minden lehetőség megvan arra, hogy teljesen megismerjük az élet valamennyi „rejtélyét”, pl. mesterségesen állítsunk elő élő fehérjét. Egyelőre azonban távol vagyunk attól, hogy elmondhassuk: teljesen ismerjük az élő sejtet. Az élő sejtben több százezernyi különböző kémiai reakció zajlik le. Az anyagok itt állandóan mozgásban vannak, szakadatlanul felbomlanak és megújulnak. Éppen ez az anyagsere az élet fenntartásának és fejlődésének

alapja. Az anyagcsere folyamatát fermentum-katalizátorok százai és ezrei irányítják. És mindez — egy parányi, mikroszkopikus méretű sejtben. Nincs olyan modern automatizált kémiai gyár, amely a végbemenő folyamatok számát, stabilitását, önszabályozó jellegét tekintve csak meg is közelítené ezt a mikroszkopikus nagyságú élő sejtet.

Ismétlem, ez nem jelenti annak a lehetőségnek a tagadását, hogy az ember a jövőben mesterségesen teremt majd élő sejtet, élő anyagot, csupán a *ma* korlátainak a hangsúlyozására szolgál. A tudomány mai állása mellett egyelőre *gyakorlatilag* még lehetetlen élő anyag mesterséges előállítása, alkátrészeiből való szintetizálása, s erre a kibernetika sem képes. Sőt! Erre a kibernetika sohasem lehet képes, hiszen nem is a feladata. A kibernetika szerepe itt legfeljebb abban merülhet ki, hogy igen értékes, hatékony segítséget nyújt a biokémiának ahhoz, hogy ez a szaktudomány a maga saját specifikus módszereivel, amelyek *nem azonosok* a kibernetikai módszerekkel, mesterségesen szintetizáljon fehérjetesteket, élőanyagot. Elvileg azt sem lehet — véleményem szerint — kizártnak tartani, hogy az ember azután ezeknek a mesterséges élőanyagoknak a fejlődését előre megszabott terv vagy akár algoritmusok alapján irányítsa, s egészen különleges feladatok megoldására tegye képessé. Ezek azonban akkor sem lesznek „gépek”, hanem élőlények, amelyek fejlődését sajátos biológiai törvényszerűségek szabják meg.

Persze itt megint felmerülhet az a kérdés, hogy vajon a „gép” fogalmát nem lehet-e kiterjeszteni a mechanikai, fizikai stb. mechanizmusok mellett a biológiai „mechanizmusokra” is?

A gép és az élőlény mechanikus azonosításának a problémájáról már beszélünk, úgyhogy itt talán elégséges lesz csupán néhány utalás. Semmi sem indokolja, hogy visszatérjünk La Mettrie „Émbergépéhez”, vagy Descartes-nak arra a nézetére, hogy az állat is gép. Ezeket a nézeteket már régen megcáfolták, s ezt a cáfolatot a tudomány fejlődése állandóan még csak jobban elmélyíti. A gyakorlat és a tudomány fejlődése semmiféle tényt nem produkált, amely akár a legkisebb mértékben is megrendítené a dialektikus materializmusnak azt az álláspontját, hogy a magasabb rendű mozgásformák minőségileg különböznek az alacsonyabb rendűektől, s a magasabb formák tartalmazzák az alacsonyabbakat, de fordítva ez már nem áll. Ugyanakkor az alacsonyabb rendű mozgásformák nem önállóan maradnak meg a magasabb rendűekben, hanem alárendelt, nem meghatározó módon. Az alacsonyabb rendű mozgásformáktól a magasabb rendűekre való átmenetnél pedig nemcsak mennyiségi változások jönnek létre, hanem minőségi változások is, valami elvileg új keletkezik, amit nem lehet pusztán csak az alacsonyabb rendű mozgásformákból megérteni, megmagyarázni. Utalhatunk itt még az élő és élettelen anyag közötti minőségi különbségre, és egyéb, erre a problémára vonatkozó előző megállapításainkra.

Térjünk át most a tudat kérdésére. Ha a fentiek alapján bizonyítottnak tekintjük, hogy az élet biológiai törvényeit nem lehet visszavezetni a kibernetikus gépek működési törvényeire, akkor tulajdonképpen már válaszoltunk is a kérdésre. Hiszen a tudat nem is egyszerűen csak az élőanyaghoz, hanem a legmagasabb rendűen szervezett formájához, az emberi agyhoz van kötve, s így, ha nem beszélhetünk a kibernetikus gépeknél életjelenségekről, tudatról még kevésbé eshet szó.

Ennek ellenére azonban vizsgáljuk meg ezt a kérdést is kissé közelebbről, mert ezen a téren meglehetősen zavar uralkodik, igen sok hibás nézet terjedt el. Sok polgári filozófus, ideológus számára az emberi agy néhány funkciójának —

sokszor tökéletesebb — utánzására képes elektronikus automaták megjelenése alapot adott a legfantasztikusabb elképzelésekre és idealista spekulációkra. Egyes burzsoá ideológusok például odáig mennek el, hogy a kibernetika segítségével isten létezését és a lélek halhatatlanságát is megpróbálják bizonyítani. Azt állítják, hogy a kibernetikus gépek fejlődésük során magasabb rendűekké válnak, mint az emberek, mind fizikai, mind szellemi téren messze túlszárnyalják őket. Márpedig annak, hogy az ember nála sokkal tökéletesebb mechanizmusokat alkosson — szerintük —, csak egyetlen magyarázata lehet. Az, hogy létezik egy, az embereknél messzemenően tökéletesebb lény, isten, aki — az embereken keresztül — természetesen meg tud alkotni ilyen mechanizmusokat.

A kibernetikai gépek létezése tehát: isten létezésének bizonyítéka. Miután idáig eljutottak, felteszik a kérdést: mi hajtja, mi viszi előre, mi mozgatja ezeket a csodálatos gépeket? A válaszuk: valamilyen földi porhüvelyétől megtisztult lélek, amelyet isten helyez bele a gépbe. Íme, a lélekvándorlás régi meséjének kibernetikai változata.

Már régóta bebizonyított tény, hogy az érzékelés és a logikus gondolkodás a legmagasabban szervezett anyag terméke. „... az érzet világosan kifejezett formában az anyagnak csak magasabb formáival (szerves anyaggal) kapcsolatban fordul elő, s az anyag építményének alapköveiben’ az érzethez hasonló képesség meglétét csak feltételezni lehet.” (Lenin: Materializmus és empiriokritizmus. Szikra, 1948. 34. o.)

Az élő szervezetek fejlődésének évmilliói és az emberi társadalom fejlődésének sok százezer éve kellett ahhoz, hogy a logikus gondolkodás megjelenjen. Az emberi tudat alapvetően a munka és a társadalmi tevékenység terméke. Ma is rendkívül időszerű a marxizmus—leninizmus klasszikusainak valamennyi bírálata mindazokkal a kísérletekkel szemben, amelyek a gondolkodást alacsonyabb mozgásformákra próbálják visszavezetni. A tudat az agyműködés terméke, és sohasem lehet egy kibernetikai rendszer működésének a terméke. Kívülről tekintve ugyan a kibernetikai szerkezet működése „értelmesnek” látszik, tevékenységét azonban nem a tudat közvetítette, s ezért lényegénél fogva nem értelmes.

Ugyanakkor azonban tény, hogy „az anyag építményének alapköveiben” feltételezhetjük „az érzethez hasonló képesség meglétét”, a visszatükrözésképeségét. Ez az analógia azonban nem jelentheti az élő és élettelen metafizikus azonosítását. A kibernetikai apparátusok általában az anyag magasabb mozgásformáit, s így az agyműködés egyes funkcióit is utánózni tudják. Ez az utánzás azonban sohasem válhatik abszolúttá, mindig bizonyos keretek közé szorítva marad, noha ezek a keretek egyre tágulhatnak. Ezeket az utánzó gépezeteket, szimulátorokat az ember teremtette, a Földön ezek sohasem fordulhattak elő spontán. Felmerül itt egy kérdés. Vajon elképzelhető-e, hogy ezek a szimulátorok más bolygón létrejöhetnek-e a természeti fejlődés eredményeképpen, vagy pedig egyáltalában csak mint az emberi tervezés termékei gondolhatók el. Ilyen mechanizmusok spontán létrejötte semmiképpen sem gondolható el, mert ha valahol a végtelen világegyetemben a természeti fejlődés ilyen adottságokkal rendelkező teremtményeket hozna létre, ezeknek már élőlényeknek kellene lenniük (bármilyen legyen is a formájuk és belső struktúrájuk), nem mechanizmusoknak.

Ennek a rendkívül fontos kérdésnek, a kibernetika „alapkérdésének” a lezárására legyen szabad még néhány általános megjegyzést tenni.

Az kétségtelen, hogy a számológépek nagyobb gyorsasággal végeznek el bizonyos számításokat, oldanak meg bizonyos analitikai problémákat, mint az emberi agy. De ez a gyorsaság éppen automatizmusukból folyik. Ezzel szemben a gép nem rendelkezik azeremtőképességgel, azzal a vággyal, hogy túlmenjen azon, amit már megszerzett, nem hajtják előre a termelőerők fejlődése alapján létrejött társadalmi szükségletek impulzusai — pedig ezek az emberi gondolkodás lényeges jellemvonásai. A számológépek az emberi géniusz alkotásai, és csak azt a munkát tudják elvégezni, amelyre konstruálták őket — és ez a megállapítás lényegében véve érvényes az önmagukat reprodukáló és önmagukat tökéletesítő gépekre is.

A fenti néhány gondolat is mutatja, hogy a kibernetika fejlődése igen fontos ideológiai problémákat vet fel, amelyek tisztázása a marxista filozófia rendkívül lényeges feladata.

## О ФИЛОСОФСКИХ ПРОБЛЕМАХ КИБЕРНЕТИКИ

*Ласло Пастор*

В кибернетике отношение человеческого мозга и машины представляет собой такую важную проблему, что ее обычно называют «основным вопросом кибернетики».

Между определенными машинными устройствами и живыми организмами, между логическими машинами и высшей нервной деятельностью существует объективная аналогия, отражающая диалектическое тождество, т. е. в определенных отношениях тождество, в других же отношениях — существенное различие. Кибернетические машины осуществляют действия, частично тождественные действиям человеческого мозга, в определенном смысле располагают логическими способностями, свойствами, характеризующими человеческий мозг. В то же время, однако, мозг качественно отличается от какой бы то ни было кибернетической машины: располагает бесконечным множеством других свойств, свойства эти обладают способностью бесконечного развития. Несмотря на совершенствование машин эти качественные отличия не уменьшаются.

Другой аспект основного вопроса кибернетики — отношение живой материи и неживых механизмов вообще. Принципиально существует возможность искусственного создания — и именно с помощью кибернетики — живой клетки. Планомерно направляя развитие искусственной живой материи, можно сделать ее способной выполнять чрезвычайно сложные задачи. Однако, такая живая материя — уже не машины, а живые организмы, развитие которых определяется специфическими биологическими закономерностями.

## THE PHILOSOPHICAL PROBLEMS OF CYBERNETICS

*by László Pásztor*

The relation of the human mind and machines is so important a problem in cybernetics that it is frequently regarded as the „fundamental question”.

Between organisms and certain machines, or rather between more complex nervous systems and logical machines, there is an objective analogy reflecting a dialectical identity, i.e., in certain relations identity, while in others extremely wide differences, come into play. Cybernetic machines perform tasks partially identical with those tackled by the human mind and to some extent they possess a property characteristic of the human brain: logical ability. At the same time the brain qualitatively differs from every kind of cybernetic machine and, in addition, possesses many other properties capable of infi-

nite development. Although the machines can be perfected, these qualitative differences cannot be reduced.

Another aspect of the fundamental questions of cybernetics is the general relation of organic matter and inorganic mechanisms. Theoretically through cybernetics it is possible to artificially create a living cell and by exactly directing the development of such artificial organic matter it can be made capable of solving special tasks. However, these will not be machines but organisms whose development will be determined by specific biological laws.