

fizikai szemle

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

Alapította Eötvös Loránd 1891-ben Mathematikai és Physikai Lapok néven

XX. évfolyam

5. szám

1970. május

A KIBERNETIKÁRÓL

Kalmár László

J. A. T. E.

Kibernetikai Laboratóriuma, Szeged

A kibernetikáról sok zavaros fogalom van elterjedve. Ezzel a dolgozattal szeretnék hozzájárulni a fogalmak tisztázásához.

A kibernetika kialakulása és tárgya

Az ember mindig szerette alkotásait saját magához hasonlítani: így beszélünk az asztal, a szék lábáról, a kancsó füléről, a palack nyakáról stb. Ez a törekvés, amely talán a gyermek megszemélyesítő hajlamán alapul, természetszerűleg érvényesült akkor is, amikor az ember gépeket kezdett létrehozni: a gépek és az ember közötti analógiát hamar felfedezte.

Plauzabilis, hogy van ilyen analógia, hiszen a gép az ember helyett végez munkát, ennél fogva valami hasonlatosságának kell lennie az emberhez. A kibernetika mint tudomány azonban akkor született meg, amikor néhány tudós rájött arra, hogy itt nemcsak felületes analógiáról van szó, hanem közös objektív törvényszerűségekről is, amelyek a lényegesen eltérő viszonyok, a különböző mozgásforma ellenére is érvényesülnek.

A kibernetika szülőhazája az Amerikai Egyesült Államok. Születésének ideje a második világháború legfenyegetőbb várható jelenségei, a légitámadások elhárítására megoldást kereső kutatókkal esik egybe.

Az első világháború idején a légvédelem szinte ugyanolyan módszerekkel dolgozott, mint a vadász, amikor pl. vadlibára lő. Nem oda céloz, ahol a vadlibát látja, hanem „előretartással” céloz, tehát megbecsüli a vadliba távolságát és sebességét és oda igyekszik célozni, ahová a vadliba érni fog, amikor a lövedék is odaér, hogy eltalálja.

Igaz, hogy az első világháború végén, s az azt követő időben kialakultak már az önműködő

légvédelmi ütegek, de ezek csak abban különböztek a vadásztól, hogy a célzáshoz szükséges becslést számításokkal pótolták. Beépített számítóberendezés számította ki és önműködően állította be a löelemeket. Azonban az alapelv ugyanaz maradt: annak a feltételezése, hogy a lelövendő objektum, pl. az ellenséges bombázó, ugyanazzal a sebességgel, ugyanabban az irányban halad tovább, mint addig, tehát egyenesvonalú egyenletes mozgást végez addigi sebességével (ún. lineáris extrapoláció). Ezt a feltételezést el lehetett fogadni addig, amíg a repülőgép sebessége elhanyagolható volt a lövedék sebességéhez képest. A nagysebességű repülőgépek megjelenése azonban új helyzet elé állította a légvédelmet.

Az a feltételezés, hogy a nagysebességű bombázók is egyenesen törnek céljukra és egyenletes mozgást végeznek maximális sebességükkel, hogy minél kevesebbet tartózkodjanak az ellenséges zónában, csak addig igaz, míg az első lövedék nem robban a repülőgép közelében. Ezután a pilóta manőverezni kezd, fékezik, görbevonalú pályára tér, hogy elkerülje a légvédelmi tüzet. Ezt a tevékenységét a rádiólokátor (népszerű nevén radar) jelzi. Rádióhullámokat bocsát ki az ellenséges objektum felé és összehasonlítja a kibocsátott és visszavert hullámokat, ebből lehet következtetni az objektum helyére, sebességére, gyorsulására. Kérdés, hogyan használja fel ezeket az információkat a légvédelmi automata üteg, hogy a következő lövedék már maximális valószínűséggel találjon?

Első pillanatban ez lehetetlennek tűnik, hiszen a pilótának szabad akarata van s így nem lehet tudni, hogyan változtatja sebességének nagyságát és irányát. Azonban figyelembe lehet venni azt, hogy

1. a pilóta idegrendszerének reakcióideje véges, és ez meghatározza, hogy egy ingerre milyen késéssel tud reagálni,

2. harci helyzetben a pilóta nem ura idegrendszerének, hanem nagymértékben befolyásolják ténykedését a kiképzés alatt begyakorolt mozdulatok,

A dolgozat a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Fizikai, Kémiai, Matematikai Választmánya által rendezett kibernetikai előadássorozat 1967. XII. 7-én tartott bevezető előadásának rövidített változata.

3. a sebesség nagyságát és irányát változtató berendezésnek is vannak műszaki korlátai, így a manőverezés lehetőségei emiatt sem korlátlanok.

Íme előttünk van egy tipikus kibernetikai probléma, egy ember-gép rendszer, amely a repülőgépből és a légvédelmi ütegből, valamint a pilótából és a légvédelmi tűzérből áll.

A problémának megoldásához, vagyis e rendszer viselkedésének leírásához a következő szakemberek együttműködése szükséges:

A *matematikus*, akinek ki kellett dolgoznia az ún. görbevonaltú extrapoláció elméletet a lineáris extrapoláció általánosításaként, vagyis azt, hogy hogyan lehet megjósolni a görbevonalon nem egyenletes mozgással haladó gép valószínű jövőbeni helyzetét.

A *hadmérnök*, aki tudja, mire képes a repülőgép kormányozása és sebességváltoztató szerkezete, s mire képes a légvédelmi ágyú.

Az *idegfiziológus* a reakcióidő meghatározásával járulhat hozzá a kérdés megoldásához, azáltal, hogy feltárja, hogyan reagál az ember bizonyos ingerekre.

A *pszichológus* a harci helyzet okozta pszichológiai zavar hatását elemzi.

A *katonai pedagógus* az ellenséges bombázó gépek pilótáinak kiképzéséről adhat értékes információkat.

A *meteorológus* is fontos szerepet játszik, mert a repülőgép, de méginkább a légvédelmi lövedék mozgása erősen függ a levegő sűrűség-eloszlásától, a széljárástól és a légkör egyéb adataitól.

Amint látjuk, az a rendszer, amelyet vizsgálni kell, *komplex* s így a feladatot csak különböző szaktudományok szoros együttműködése alapján lehet megoldani. Ez a körülmény jellemző általában a kibernetikai problémákra.

Norbert Wiener, a kibernetika atyjának szokás emlegetni és aki az említett időpontban kutatócsoportjával, matematikusokkal, fizikusokkal és műszakiakkal, állami megbízásból a görbevonaltú extrapoláció elméletével foglalkozott az amerikai cambridgei Massachusetts Műszaki Egyetemen, nagyon fellelkesítette az a hír, hogy a szomszédos Boston városbeli Harvard Orvostudományi Egyetem professzora, A. Rosenblueth idegfiziológus, kötetlen beszélgetéseket szokott összehívni, amelyeken mindenféle szaktudomány képviselőjét szívesen látja, mert a tudomány általános módszertani kérdéseit szokták megvitatni. Norbert Wiener örömmel elment ezekre a megbeszélésekre felvetni a munkája során felmerült határterületi problémákat, amelyek addig az időig szinte senki földjének számítottak a tudományos kutatás terén.

A matematikusok, mérnökök a közös munkába a visszacsatolás elméletét vitték magukkal (amelyre, mechanikai körülmények között, legismertebb példa a gőzgép fordulatszámát szabályozó centrális regulátor), azt, hogy könnyedén és kellő egzakttsággal meg tudták határozni, hogy hogyan lehet legegyszerűbben felhasználni a hibajeleket

(esetünkben a légvédelmi lövedék robbanási helye és a lelövendő objektum helyzete közötti eltérést), hogy azt az utasítást korrigáljuk, amelynek célja éppen az, hogy ez az eltérés megszűnjék.

A neurofiziológusok viszont arról beszéltek, hogy a visszacsatolás, a feed-back jelenségének milyen szerepe van a szervezetben.

Ha pl. meg akarok fogni egy ceruzát az asztalon, akkor karom és ujjmozgató izmaim éppen úgy nem találják el „egyből” a ceruza helyzetét, mint ahogy a légvédelem is ritkán találja el egyszerre a lelövendő objektumot. Azonban, ha odanézek, a szemem útján, de behunyt szemmel is az ún. proprioceptív ingerek visszajelentései alapján, állandóan értesülök karom helyzetéről, mozgásáról, s ha ez a visszajelentés azt mutatja, hogy nem helyes irányban indultam el, akkor közben korrigálni tudom a mozgást, ezáltal csökkenteni tudom a távolságot, mindaddig, amíg a ceruzát nem fogtam meg.

Míg a lövedéknél a hibajeleket csak a következő lövedék irányának, sebességének stb. módosítására lehet felhasználni, addig a ceruza megfogása esetében a hibajeleket folyamatosan használom fel kar- és ujjizmaim működésének korrigálására. Hasonló folyamatos korrigálással történik a mesterséges égitestek, vagy akár az interkontinentális rakéta irányítása is, amikor, eltérés esetén, a pályaelemeket szintén menetközben lehet módosítani. Két különböző visszacsatolásról beszélünk tehát: diszkrét és folytonos, más néven digitális és analóg visszacsatolásról.*

A gépekben és a szervezetben végbemenő visszacsatolás közötti párhuzam olyan messzire megy, hogy még a visszacsatolás lehetséges hibái között is lehet hasonlóságot találni.

Ha pl. a visszajelentő csatornában *szakadás* van, ha nem érzékel meg a radar jelentése, akkor a visszacsatolás nem működik. Ugyanígy, ha a gerincagy ingervezetése akadályozva van, pl. a *tabes dorsalis* nevű betegség esetén, akkor ataxia lép fel, nem tud járni a beteg; ha elkezd járni, akkor összeesik, hacsak a hiányzó csatornát egy másik, vizuális csatornával nem pótolja, tehát járás közben állandóan a lábára nem szögezi tekintetét.

Más eset, ha olyan hibája van a visszacsatolásnak, illetve a helyesbítő berendezésnek, hogy *negatív* visszacsatolás helyett *pozitív* következik be. (Negatív a visszacsatolás, amikor a hibajel a hiba csökkenését okozza. A rendszer hibája esetén a csökkentés átválthat növekedésbe, amely nem egy esetben a rendszer stabilitásának végleges felbomlását eredményezheti).

Fiziológiai példát erre azért nehéz említeni, mert a szervezetben rendszerint nem tisztán

* *Digitus* (latin): ujj, számjegyet jelző ujjmozdulat, ebből *digit* (angol): számjegy. A *digitális* jelző arra utal, hogy a számjegyek ugrásszerűen követik egymást. Az *analóg* jelző pedig különböző folytonos fizikai folyamatokra sok esetben érvényes analóg törvényekre utal.

jelentkeznek a pozitív visszacsatolások jelenségei, hanem keverten, negatív visszacsatolással együtt. Viszonylag jó példa pozitív visszacsatolásra a kimerültség okozta álmatlanság; ha kimerültség miatt nem alszik valaki, fáradtabb lesz, még kevésbé tud másnap aludni, amíg pl. altatót nem szed be, ami megszakítja a pozitív visszacsatolást.

De nemcsak a visszacsatolás előjelen múlik az, hogy elérje-e célját a korrigáló berendezés; ugyanis negatív visszacsatolás esetén is előfordulhat eredménytelenség.

Vegyük azt a példát, amit Norbert Wiener is felhoz nevezetesen, 1948-ban megjelent, *Cybernetics* című könyvében. (E könyv megjelenésétől szokták számítani a kibernetika kialakulását, ami azonban helytelen, mert ez a könyv már összefoglalja kb. tíz év kibernetikai kutatásának eredményét, még ha tíz évvel azelőtt nem is használták a kibernetika elnevezést s azt sem tudták, hogy e kutatásokból új tudomány fog kialakulni.) E példának szerepe lehetett a névadásban is, mert *kübernétés* hajóskormányost jelent görögül.

Gondoljunk az automatikus hajóskormányra. Ennek az a feladata, hogy ha a hajót valami külső ok, pl. a víz mozgása, eltéríti az eredetileg beállított és irányítással ellenőrzött iránytól, akkor olyan irányban mozgassa el a kormánylapátot, amely ellenkező irányba téríti a hajót. Ha ez az elmozdulás megfelelően méretezett, akkor kisebb-nagyobb ingadozás után a hajó újból beáll a megfelelő irányba.

Ha azonban túl erős a kormánylapát elmozdulása, akkor az eredetileg bizonyos szöggel pl. balra való kitérés következménye az, hogy a hajó még nagyobb szöggel jobbra tér ki, mire a berendezés még ennél is nagyobb szöggel ismét balra téríti ki és így tovább, úgy, hogy a hajó mind jobban eltér a helyes iránytól.

Tehát nem egyszerűen a visszacsatolás előjele, pozitív vagy negatív volta a döntő, hanem a visszacsatolás tényezője, vagyis az a tényező, amely megszabja, hogy a hibajellet milyen arányban vegye figyelembe a berendezés a helyesbítő utasítás kialakítására.

A hajóskormány említett hibájához hasonló hiba okozza az élő szervezetben az *intenciós tremort*. Ez a kifejezés nem *szándékos* reszketést jelent, hanem a *szándék által keltett* reszketést. A beteg nem reszket, ha nyugalomban van, de ha meg akar fogni pl. egy vízzel telt poharat, akkor az a kis eltérés, ami kezdetben fennáll a pohár helyzete és azon hely között, ahová nyúl, ellenkező irányú, jóval nagyobb eltérést okoz, ez még nagyobb és így tovább, így a reszketés egyre fokozódik, és a beteg emiatt vagy nem is tudja megfogni a poharat, vagy ha megfogja, a fokozódó reszketéstől a víz kiömlik, mire szájához emeli a poharat, tehát segítség nélkül nem tud inni.

Ilyen jelenség lép fel pl. a *sclerosis multiplex* nevű betegség esetén, amely a kisagyat károsítja. A kisagynak ti. nagyon fontos szerepe van a visszacsatolás mértékének meghatározásában.

Ugyan nem a kibernetika kialakulásának törté-

netéhez tartozik, hanem másféle történelemhez, de hasonló jelenség volt az is, hogy amikor az 50-es években nem volt visszajelentés, nem lehetett jelenteni a Pártközpontnak a tömegek valóságos hangulatát, mert akkor a fejére ütöttek az emberek, hogy a tömegek uszályába kerültek, és amikor már nagyon nagy bajról jelentettek, megijedtek, „a ló túlsó oldalára estünk”, onnan vissza és így tovább, ennek következtében ahelyett, hogy helyes vezetés jött volna létre helyes információszerzés útján, a mind nagyobb mérvű ingadozás végül is katasztrófához vezetett. Ez a példa azt is mutatja, hogy a visszacsatolásnak nemcsak a gépekben és az élő szervezetben van fontos szerepe, hanem a társadalomban is.

A légvédelem csak egy volt a sok lehetséges példa közül. Az elektronikus számológépek kialakításánál szintén kibernetikai fogalmakat és módszereket használtak, de döntő lökést adott ehhez az a körülmény, hogy a lassú kézi, vagy motorhajtású számológépek segítségével csak késve voltak kiszámíthatók a helyes löelemek, így mire azokat felhasználhatták volna az ellenséges bombázó lelövésére, az már régen ledobta bombaterhét és visszarepült.

Több hasonló probléma merült fel, amelyek kapcsán fokozatosan kiderült, hogy a gépekben, az élő szervezetben és a társadalomban végbemenő vezérlési jelenségeknek közös objektív törvényszerűségei vannak és ezeket tudományos törvények formájában kell megfogalmazni.

Az első, ilyen törvényeket megfogalmazó kibernetikai cikk 1943-ban jelent meg Rosenblueth, Wiener és Bigelow tollából, bár a „keresztelő” csak 1947-ben történt, akkor nevezték el az új tudományt kibernetikának.

A történet folytatása, hogy a kutatók, akik ilyen kérdések megoldásán együtt dolgoztak, lassanként szétszóródtak, kit ide, kit oda szólított a háborús viszonyok által erősen determinált kötelessége. Ez azonban csak használt a kibernetika fejlődésének. A kutatási kapcsolatok a nagyobb távolság ellenére is megmaradtak, viszont a különböző városokban folytatott kutatások kedveztek további tudósok bekapcsolódásának a kibernetikai módszerek elterjedésének.

Eddig a kibernetikának csak a nyugati világban végbement fejlődésével foglalkoztam. Ennek két oka van: egyrészt az, hogy a kibernetika az Egyesült Államokban született, másrészt a kibernetikának a szocialista országokban való kezdeti kedvezőtlen fogadtatása. Ez utóbbiban nagy szerepet játszott, hogy a kibernetika eredményeit eleinte hadititokként kezelték, de később is nem a normális információs csatornákon át, folyóiratokban közzétett tudományos dolgozatok alakjában jutottak el a szocialista országok tudósaihoz, hanem a napi sajtóban megjelent cikkek formájában, szenzációhajászó címmel és beállításban.

Ilyen körülmények között józan ítéletalkotás éppúgy nem születhetett a szocialista táborban a kibernetikáról, mint ahogy gátolt ingervezetés, amely ráadásul gátlás nélkül átengedi a halluciná-

ciókat, nem szolgáltathat helyes képet a külvilágról az agynak. Az igazsághoz azonban az is hozzátartozik, hogy a szocialista táborban is baj volt az információ-felfogó berendezéssel. Akkoriban ugyanis a személyi kultusz idejét és ennek következtében a tudománypolitikai dogmatizmus korát éltük.

Véleményem szerint a dogmatizmus a marxizmusnak olyan betegsége, amely, amíg ki nem gyógyul belőle, megfosztja egyik legfontosabb marxista képességétől: a születő új felismerésétől, amely képességre a marxista tudósok különösen szüksége van, hogy az aktuális tudományos kutatásokba belekapcsolódhassék. Hiszen a születő új, éppen azért, mert új, sohasem fér össze a megmerevedett dogmákkal.

Hiányos és torz információk és helyi betegségek következtében megszületett hát a megfellebbezhetetlen ítélet: „a kibernetika burzsoá áltudomány, az imperializmus szellemi fegyvere az ideológiai téren folyó osztályharcban”.

Szerencsére azonban voltak olyan szakemberek, akiknek más volt a véleményük s más néven, de tovább foglalkoztak az új tudományággal. Ennek köszönhető, hogy a személyi kultusz következményei és a tudománypolitikai dogmatizmus leküzdése után hihetetlen rövid idő alatt sikerült utolérni a nyugati országokat a kibernetika terén.

Az eddigiekből talán már kialakult a kép arról, hogy mivel is foglalkozik a kibernetika. Wiener, említett könyvének alcímében a vezérlés és kommunikáció (információáramlás) elméletéről beszél, akár állatban, akár gépben megy az ügybe. Későbbi könyvében a társadalmi jelenségekre is kiterjesztette a kibernetika kutatási területét. Nyugaton nem sokat problémáztak azon, hogy helyes-e ez. Általában egy új tudományág nem szokott mindjárt azzal foglalkozni, hogy mi a tárgya: a felmerült tudományos problémák érdeklik a tudóst, nem pedig az, hogy a jövőben még milyen problémákat fognak e tudomány körébe utalni.

Ilyen problémák felmerültek azonban nálunk, hiszen eleinte filozófiai tévedéseket követtünk el a kibernetika értékelésében s ezeket csak filozófiai eszközökkel lehetett korrigálni. Nem csoda azonban, hogy még ma sincs teljes egyetértés abban, hogy mivel is foglalkozik a kibernetika.

Azt hiszem, fölösleges volna itt a kibernetika tárgyának különböző, legnagyobb részét többé-kevésbé egyoldalú definícióit mind felsorolni.

Fogadjuk el inkább azt a definíciót, amelyet a Magyar Tudományos Akadémia elnökségének egy határozatát előkészítő anyag összegyűjtése során számos tudományterület szakembere megvitatott és magáévá tett: „A kibernetika a vezérlésnek és a szabályozásnak, továbbá az információ ezzel kapcsolatos gyűjtésének, tárolásának, feldolgozásának és továbbításának olyan általános törvényszerűségeit kutatja, amelyek a vezérelt vagy szabályozott anyagi rendszer legkülönbözőbb mozgásformája esetén, a mozgásforma specifikus mozgástörvényeivel együttes hatásban érvénye-

sülnek.” (Magyar Tudomány, 1963, 8. szám, 548. oldal.)

Talán lehetne rövidebben is fogalmazni, de arra mindenesetre alkalmas a definíció, hogy ennek alapján megpróbáljuk a kibernetika legfontosabb fogalmait összegezni.

A kibernetika legfontosabb alapfogalmai és módszere

A vezérlés és az irányítás között itt nem teszünk különbséget, hanem ugyanazon fogalom két különböző nevéként használjuk ezeket, bár az automatizálás szakirodalmában meg szokás a kettőt különböztetni.

Mi a *vezérlés*? Egyik anyagi rendszernek (ún. vezérlő rendszer) a másik rendszerre (ún. vezérelt rendszer) kifejtett olyan hatása, amelytől az utóbbinak állapota megváltozik.

Állapoton általában *mozgásállapotot* értünk, a nyugalom csak speciális esete a mozgásnak (a mozgás abszolút, a nyugalom relatív).

Amikor két rendszerről beszélünk, akkor ezzel nem zárjuk ki azt, hogy ezek közül az egyik a másiknak része lehessen. Pl. az emberi agy vezérlő az egész szervezetet, melynek az agy maga is része. Az is előfordulhat, hogy a vezérlő és a vezérelt rendszer egybeesik (önvezérlés); ilyenkor tudományos elemzés feladata a szétválasztásuk.

Néhány példa: irányításról, ti. távirányításról beszélünk, amikor egy vízierőművet távolról vezérlünk, vagy ha egy atomreaktort a veszélyes sugárzás tartományán kívülről irányítunk, vagy egy mesterséges égitestet irányítunk a Földről. Ezek mind mechanikai vagy fizikai mozgásforma keretében működő anyagi rendszerek, de ha ide számítjuk valamely komplex automatizált üzemen folyó termelési folyamatok irányítását is, akkor ezek lehetnek pl. vegyipari folyamatok is. Ez esetben már kémiai mozgásformáról van szó. Életfunkcióink irányításában agyunk által viszont a biológiai mozgásformának jut szerep.

Más példa biológiai vezérlésre az az apparátus, amely a fehérje szintézisét irányítja a sejtekben. A sejtosztódásnak ugyanis előfeltétele, hogy megfelelő mennyiségű fehérje képződjék. Azt az ún. genetikai információt, amelyből már a magzati szervezet is értesül, hogy milyen fehérje-féleségeket kell felépítenie (végső soron ez határozza meg azt, hogy milyen fajhoz tartozik az állat vagy növény, amelyik fel fog épülni, de a szülőktől átöröklött tulajdonságokat is), a csírasejtek adják át a többi sejteknek; ily módon azok irányítják a magzat kialakulását. Társadalmi vezérlésre példa a pedagógus irányító munkája, a művészek hatása a közönségre, vagy a gazdaságirányítási rendszer.

A példák változatossága világosan mutatja, hogy a vezérlés, irányítás esetén olyan fogalomról van szó, amely a legkülönbözőbb mozgásformák között érvényesülhet.

Másik fontos kibernetikai fogalom a *szabályozás*. Ez tulajdonképpen a vezérlésnek egy nagyon

fontos speciális esete, amelynél a vezérlő rendszer olyan módon befolyásolja a vezérelt rendszert, hogy az utóbbinak valamelyik állapotjelzője (az előírt tűréson belül) állandó marad. Gondoljunk pl. a termosztátra, ahol, ha a hőmérséklet az egyik irányban eltér a beállított értéktől, akkor a szabályozó berendezés visszacsatolás útján visszatéríti. Hasonló úton gondoskodik az ún. melegvérű állatok szervezete is a testhőmérséklet állandóságáról.

Más példa: a nyomásszabályozás a gőzgépekben, a vegyipari folyamatok színhelyeül szolgáló autoklávban; vagy az élő szervezetben a vérnyomásszabályozás. Vagy egyes anyagok, pl. a só, koncentrációjának, a savasság vagy lúgosság fokát kifejező pH értékének szabályozása a vérben és testnedvekben stb.

Közgazdasági területen példa szabályozásra az árszabályozás.

Folyamatszabályozásnál nem egy számszerűen kifejezhető adatnak, hanem egy egész folyamatnak kell adott hibakorláton belül adott program szerint lefolynia (pl. mesterséges égitest pályán tartása, termelési folyamat szabályozása, a női ciklus hormonális szabályozása a szervezetben).

Egy további lényeges kibernetikai alapfogalom az *információ* fogalma. Ekörül is rengeteg filozófiai vita folyt. Wiener azt mondja könyvében, hogy az információ sem nem anyag, sem nem energia, hanem — információ. A dogmatikusok ebbe rögtön belekötöttek, mondván, hogy ezzel tulajdonképpen a filozófia alapkérdése, az anyag vagy a tudat elsődlegességének kérdése elől akar kitérni. Pedig ő csak azt akarta mondani, hogy az információ az anyagtól és az energiától minőségileg eltérő jelenség. Pl. ha a tűzoltókat telefonon hívjuk, nem a hangenergia, vagy a telefonhuzalban elmozduló elektronok indítják mozgásba a tűzoltóautókat, hanem a tüzesetről szóló információ.

Az *információ* kifejezés eredeti jelentése *embernek ember által adott* információra vonatkozik. Ha pl. be akar lépni a vállalatához egy új dolgozó, akkor információt kérünk az előző munkahelyéről a személyzetistől. Tárgy is adhat információt az embernek; ha pl. egy régész kiássza egy őshüllő megkövült lábnyomát, akkor információt kapunk az állat lábának nagyságáról, alakjáról stb. Tárgyak, pl. a gépek, nemcsak *adhatnak*, hanem *kaphatnak* is információt. Pl: ha a telefonkészüléken tárcsázok, akkor arról közlök információt az automata telefonközponttal, hogy melyik vonallal akarok kapcsolatba kerülni. *Gép* is adhat *gépnek* információt. Elektronikus számológépekben egy részleteredményről a gép egyik része a másik résznek és nem az embernek ad információt.

Az *információ* kifejezést a kibernetikában általánosított értelemben használjuk. Ez példa arra, hogy a kibernetika gyakran vesz át szakkifejezéseket egy-egy speciális területről, de általánosabb értelemben használja azokat, mint eredeti értelme volt.

Az információ *gyűjtésére* is sok példát lehet felhozni. Érzékszerveinkkel a világról információt

gyűjtünk, ha érzékszerveink nem elég finomak, műszerekkel toldjuk meg őket. Úrlapok kitöltésekor az információgyűjtésnek nyújtunk segítséget. Az a folyamat, amit a marxista filozófia a világ megismerésének nevez, tulajdonképpen információgyűjtés az anyagi világról. A bürokrácia lényege felesleges, semmiféle döntéshez fel nem használt információgyűjtés, ami éppoly pazarlás, mint az anyag- vagy energiapazarlás, hiszen az információ gyűjtése is pénzbe, emberi munkába kerül.

Információ *továbbítására* példa: amikor az előadó beszél, a beszéd útján jut az információ a hallgatósághoz, az előadó a *leadó*, a hallgatóság a *felvevő*, a levegő a *továbbító csatorna*. Telefon, táviró, rádió, televízió — mind információtovábbító berendezés. A szervezetben az érzékszervek által felfogott információt az idegpályák továbbítják az agykéreghez. Az információt továbbító csatorna rendszerint az információ bizonyos formájára van beállítva. Pl. a rádióadó csak elektromágneses hullámok alakjában tud információt továbbítani. Tehát azt az információt, amit továbbítani akarunk, rendszerint át kell alakítani (kódolni) a csatornának megfelelő formára, majd a továbbítás után visszaalakítani (dekódolni). Pl. a rádió útján továbbítandó beszédet modulált elektromágneses hullámok formájában kódolni kell, a vevő pedig egyenirányítás útján dekódolja.

A *kódolás, dekódolás* fontos kibernetikai fogalmak, s mindkettő történhet digitálisan és analóg módon s ezeken belül is sokféleképpen. A gyorsműködésű számológépekben a számokat többnyire kettes számrendszerben kódolják, és a számítási program utasításai is kódolt alakban kerülnek a gép memóriájába.

A kódoláson alapul az *információ mennyiségének* mérése. A Hartley-féle információérték azon jelek *száma*, amelyek az adott információ kódolásához szükségesek, s mindegyikük kétféle lehet (pl. a 0, vagy 1 számjegy a kettes számrendszerben, a telexszalagon lyuk vagy lyuk hiánya, *igen* vagy *nem* válasz valamely kérdésre). A Hincsin — Shannon-féle információérték azt is figyelembe veszi, hogy a lehetséges jelek és a kódolandó információk előfordulásának mekkora a valószínűsége. (Példa: a posta a gyakran előforduló üdvözlő táviratokat röviden, szabványos szövegük sor-számával kódolja.)

A leggazdaságosabb kódoláshoz szükséges információmennyiségen felüli információmennyiséget *redundanciának* nevezzük. Ez nem mindig felesleges szószátyárság: bizonyos redundanciára szükség van az egyértelmű dekódoláshoz, ha — mint a gyakorlatban mindig — hibával, az információ-továbbítást zavaró *zajjal* is kell számolnunk. A telefonszámok pl. redundanciától mentesek, ezért elég egy számjegyet hibásan tárcsázni és téves lesz a kapcsolat. Irodalmi vagy tudományos szövegben a sajtóhiba felismerését a nyelv redundanciája könnyíti meg. Telefonkönyvet sokkal nehezebb korrigálni.

Információtárolásra példa az agyi memória, vagy a faji és egyedi tulajdonságok tárolása a csírasejtek kromoszómaiban, ahol a dezoxiribo-nukleinsav-molekulák bázis-sorrendje végzi a tárolást.

A műszaki információ tárolásra is rengeteg példa van. Elektronikus számológépekben a kiinduló adatokat, a számítási program utasításait és a számítás folyamán keletkező részleteredményeket is, a gép ún. memória-egységében tároljuk. Persze tudjuk, hogy az agyi memóriának egész más a berendezése, mint a gépi memóriának, épp ezért jó volna megismerni a szerkezetét, a műszakiak is biztosan sok hasznos tapasztalatot szerezhetnének belőle.

Ha nagyon röviden is, de eddig a kibernetika legfontosabb alapfogalmairól beszéltem. Befejezésül még a kibernetika módszerét jellemzem tömören: éberrel figyelni a különböző mozgásformájú anyagi rendszerek vezérlése és szabályozása során felmerülő analóg jelenségekre, elemzés útján megkeresni az analógia mögött rejlő objektív törvényszerűségeket és azokat tudományos törvényként megfogalmazni. Ezután kísérletekkel kell ellenőrizni — esetleg gondolat-kísérletekkel, majd modellkísérletekkel és valóságos kísérletekkel is — hogy a kérdéses törvény tényleg

érvényes-e különböző mozgásformák esetén, számítva arra, hogy — amint azt a kibernetika tárgyának idézett definíciója is kiemeli: mindig az adott mozgásforma specifikus mozgástörvényeivel együttes hatásban érvényesül. Ezért kell ezeket a mozgástörvényeket is figyelembe venni a kibernetika törvényeinek minden egyes konkrét alkalmazásakor: amint nem lehet elektronikus számológépet szerkeszteni az elektronika törvényeinek figyelembevétele nélkül (amelyek egy speciális fizikai mozgásfajta törvényei), úgy képtelenség a kibernetika törvényeit az élő szervezetre alkalmazni a biológiai törvények figyelembevétele nélkül, vagy társadalmi kérdésekre alkalmazni a társadalom fejlődésének a marxizmus-leninizmus klasszikusai által feltárt mozgástörvényeink figyelembevétele nélkül.

A kibernetika alkalmazásainak célja sohasem az, hogy az embert feleslegessé tevő „robotembert” szerkesszünk, hanem az, hogy azokat a gépies feladatokat, amelyek elvégzésére ma még agyunkat vesszük igénybe, gépekre bizzuk, s ezzel az emberi agyat felszabadítsuk olyan tevékenység végzésére, amit a társadalom és a technika adott fejlettségi foka mellett csak az alkotó emberi agy tud elvégezni.

A SZUPERNOVA-ROBBANÁSOK DINAMIKÁJA

Apagyi Barnabás

MTA Elméleti Fizikai Kutató Csoport

„A csillagászok bánata az, hogy amit látnak (szupernova, quasar), azt nem értik, amit pedig értenének (neutroncsillag, Schwarzschild szingularitás), azt nem látják...”

Észlelési tapasztalatok

1054 egyik derült éjszakáján az arab és kínai udvari csillagászok meglepő jelenségnek voltak tanúi: „új” csillag tűnt fel az égbolton, olyan ragyogással, amelynek fénye vetekedett a Jupiter bolygó fényességével.

1572-ben Tycho Brache olyan „új” csillag megjelenésének lehetett szemtanúja, amely nappal is látható volt.

1604-ben Kepler is észlelt hasonló jelenséget, „új” csillag feltűnését.

A korabeli feljegyzésekből tudjuk, hogy a gyors, pillanatokon belüli (5-20 nap) fényességnövekedést több száz napon át tartó *csökkenés* követte. A XX. század korszerű műszereivel megvizsgálva a *maradványokat*, megállapítható, hogy sok fényrend* növekedésről, ill. csökkenésről volt szó,

* Látszólagos fényrend v. látszólagos magnitúdó (m) arányos a csillag látszólagos intenzitásának negatív logaritmusával. Két (1-es és 2-es indexszel jelölt) csillag látszólagos magnitúdójának különbsége:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \log \frac{I_2}{I_1},$$

és mindegyik esetben erősen expandáló, ködszerű foltok képződtek. Az ilyen, hirtelen kifényesedő csillagokat nevezzük *szupernováknak*, megkülönböztetésül a nováktól, amelyek szintén csillagfellángolások, de általában visszatérők, és kisebb a fényességnövekedésük (csökkenésük).

A fenti évszámok a szupernova (továbbiakban SN) észlelések történetében kitüntetett számok: ui. ezen években volt az ember olyan szerencsés, hogy közelről, saját galaxisában, a Tejútrendszerben láthatta ezt az izgalmas, ragyogó tüneményt. Nem voltak azonban eszközök a pontosabb megfigyelésekhez (Galilei 1608-ban használt először távcsövet az észlelésekhez), márpedig egy jelenség megértéséhez minél több információra van szükség. Minthogy az észlelési technika nagymértékben tökéletesedett ($\sim 24^m$ vizuális magnitúdóig látunk ~ 8 milliárd évvel korábban történő eseményeket), másrészt az eddigi fényességadatokból nyilvánvalóvá vált, hogy képesek vagyunk más csillagrendszerekben is észlelni SN-kat, ezért a 30-as évek elején nemzetközi összefogással megindult egy olyan program, amely szisztematikusan keresi a távoli extragalaxisokban feltűnő csillagfényesedéseket.

ahol I az intenzitást jelöli. A skála azáltal van rögzítve, hogy a Sarkcsillag látszólagos fényrendje: $m_{\text{polaris}} = 2^m, 12$.