

A hazai kibernetikai kutatások

TARJÁN REZSŐ, a műszaki tudományok doktora

A Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége a múlt évben foglalkozott a kibernetikai kutatások magyarországi helyzetével. Minthogy a téma joggal tarthat igényt a magyar tudományos közvélemény érdeklődésére, az alábbiakban röviden áttekintjük a Magyarországon jelenleg folyó kibernetikai kutatások helyzetét.

I.

Kibernetikai tárgyú vagy ezzel kapcsolatos kutatások hazánkban — noha elszigetelten és sokszor nem tudatos formában — már az 1950-es évek elején megindultak. A kutatásokat nálunk csakúgy, mint a Szovjetunióban és a többi népi demokratikus országokban eleinte az értetlenség és az ismert dogmatikus álláspont erősen megnehezítette. A fordulat 1955-ben következett be, amikor a Szovjetunióban *Sz. L. Szoboljev, A. J. Kitov* és *A. A. Ljapunov*¹ félreérthetetlenül tisztázták a kibernetikai kutatások módszertani jelentőségét. Ennek nyomán hazánkban is megindult a fejlődés.

1956 májusában a Magyar Tudományos Akadémián *Lissák Kálmán, Bartha István* akadémikusok és e beszámoló írójának referátumai alapján — néhai *Fogarasi Béla* akadémikus részvételével — zártkörű vita folyt a kibernetika biológiai, filozófiai, ill. műszaki vonatkozásairól. A vita végkövetkeztetését a következőkben lehet összefoglalni: azt a kérdést, hogy a kibernetika önálló tudomány-e vagy sem, egyelőre korai felvetni; a kibernetikának egységesen meghatározható tárgya, jellegzetes problémái egyelőre még nem alakultak ki. Ami a kibernetikára, mint tudományos kutatási irányzatra a legjobban jellemző, az a műszaki, biológiai, fiziológiai és matematikus szakemberek rendkívül szoros, szerves együttműködése, bonyolult, magasan szervezett rendszerek működési elveinek és viselkedésének a tanulmányozására. A vita résztvevőinek véleménye megegyezett abban, hogy a külföldi tapasztalatok alapján az ilyen komplex együttműködés mindenképpen rendkívül hasznos és nemcsak tudományosan érdekes, hanem gyakorlatilag, sőt népgazdaságilag is jelentékeny haszonnal járó eredményeket hozhat. Ezért a jelenlevők kívánatosnak tartották, hogy az együttműködés a hazai szakemberek között minél hamarabb megszerveződjék.

¹ Sz. L. SZOBOLJEV—A. J. KITOV—A. A. LJAPUNOV: A kibernetika fő vonásai. Voproszi Filozofii, 1955. ápril. 3.

Nem sokkal később, 1956. szeptember 1-én a Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége megszervezte a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutató Csoportját, amely az ellenforradalmi események miatt csak 1957 áprilisában tudta működését érdemben megkezdeni. Az azóta eltelt több, mint három esztendő nemzetközi tapasztalata azt bizonyítja, hogy a kibernetikának mint önálló tudományos irányzatnak a létjogosultságát ma már nem lehet vitatni. Ezt bizonyítja egyebek között az a tény, hogy még 1956-ban megalakult a belgiumi Namurban a Nemzetközi Kibernetikai Szövetség (Association Internationale de Cybernétique), amely az elmúlt év szeptemberében igen nagy számú résztvevővel már II. nemzetközi kongresszusát rendezte meg.

A kongresszus egyik tapasztalata az volt, hogy a kibernetika meghatározása körüli viták a tényleges eredmények mellett egyelőre a háttérbe szorulnak. Ennek oka nyilván a rendkívül gyorsütemű fejlődésben van, amely miatt a kibernetika tartalmi rendszerezése, a többi tudományágakhoz való viszonyának a tisztázása egyelőre aligha lehetséges. A tudományos kutatók egy része, ha a definíció kérdése szóba kerül — talán inkább kényelmi okokból mint alapos megfontolás alapján — *Wiener* eredeti definícióját² fogadja el, aki szerint — mint ismeretes — a kibernetika az élő szervezetben és a gépekben történő vezérlésnek és kommunikációnak az elmélete. Abban mindenestre valamennyi szerző megegyezik, hogy a kibernetika egyik legfontosabb problémája olyan magasan szervezett automatikus rendszerek tulajdonságainak elméleti és kísérleti vizsgálata, amelyek valamilyen formában információkat dolgoznak, ill. használnak fel vezérlésre. Ennek megfelelően pl. *Sz. L. Szoboljev* és *A. A. Ljapunov*³ mindazokat a műszaki, matematikai, s egyéb diszciplínákat, mint pl. a játékelméletet, operációkutatást stb., amelyek az ilyen bonyolult rendszerek vezérlési folyamatainál szerepet játszhatnak és haszonnal alkalmazhatók, a kibernetika területéhez is sorolják, ami természetesen nem zárja ki, hanem egyenesen feltételezi, hogy ezekkel a területekkel mint önálló tudományterületekkel is foglalkozzanak.

Az elmondottak alapján nem lehet csodálkozni azon, hogy az elmúlt három esztendő során Magyarországon a különböző helyeken folyó kibernetikai vagy ezzel kapcsolatos kutatások egyelőre még nem alkotnak egységes szempontok szerint szervesen összehangolt kutatási területet. Ehhez nyilván még hosszabb időre van szükség; ennek megfelelően a Magyar Tudományos Akadémia Elnökségének határozata arra mutat rá, hogy *országos szintű, aktív koordinációra van szükség*, amely nemcsak a már folyó kutatásokat hangolja össze, hanem az ország anyagi erőforrásaihoz mérten új, alapkutatás-jellegű, ugyanakkor azonban a népgazdaság számára is fontos kutatómunkák megindítását is kezdeményezi.

A nehézségek ellenére is elmondható, hogy hazánkban az elmúlt három év alatt helyileg három súlypont alakult ki: Budapesten, Szegeden és Pécsen. A budapesti kutatások elsősorban az elektronikus számológépek műszaki vonatkozásaival, a kibernetika matematikai problémáival és különböző, főként népgazdasági alkalmazásokkal kapcsolatosan folynak; Szegeden a kutatások fő

² N. WIENER: Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine.

³ Sz. L. SZOBOLJEV—A. A. LJAPUNOV: Kibernetika és természettudomány. A természettudományok filozófiai kérdéseivel kapcsolatban tartott össz-szövetségi konferencia anyagai. Moszkva, 1958.

iránya logikai, míg a Pécsett működő csoport a fiziológiai vonatkozásokkal foglalkozik. Anélkül, hogy a teljességre igényt tartanánk, az eddig elért legfontosabb eredményeket az alábbiakban lehet összefoglalni.

II.

A legkiemelkedőbb eredmény, amely az ellenforradalom óta hazánkban e téren megszületett, kétségtelenül az, hogy a Magyar Tudományos Akadémia Kibernetikai Kutató Csoportjában az elmúlt év végére befejeződött az M-3 jelű elektronikus számológép építése.

Mint hogy az elektronikus számológépek működési elveit egy korábbi cikkben már ismertettük⁴ erre most nem térünk ki. Az M-3, amelyet a Csoport munkatársai 1959 tavaszán a Bolyai Társulatban tartott előadónál ismertettek, a kettes számrendszerben dolgozik. Ebben csak kétféle számjegy, a zérus (0) és az egyes (1) van; minden számot ezek alkalmas kombinációjával fejeznek ki, hasonlóképpen, mint a nekünk szokásos tízes számrendszerben bármely számot a tízféle számjegy (0,1,2,... 9) kombinációjával fejezünk ki. Az egyetlen különbség abban van, hogy a kettes számrendszerben, minthogy kevesebb szimbólummal dolgozik, valamely szám leírásához mintegy 3,3-szer annyi helyértékre van szükség, mint a szokásos tízes számrendszerben, a szám tehát hosszabb számjegysorozatból áll. A kettes számrendszer használata azért előnyös, mert a gépet műszakilag erősen leegyszerűsíti és működését is meggyorsítja; a felhasználó részére semmi hátrányt nem jelent, minthogy a számokat a szokásos tízes számrendszerben közlik a géppel, amely a kettes számrendszerbe, ill. vissza történő átalakításokat már maga hajtja végre. Az M-3 31 bináris helyértékkel dolgozik, amelyből egy a szám előjelét reprezentálja, a többi pedig a tulajdonképpeni számot. A tízes számrendszerben ez nyolecjegyű számnak felel meg, ami gyakorlati célokra elegendő.

A gépnek az a része, amely a tulajdonképpeni számításokat végzi, az ún. aritmetikai egység viszonylag gyors: két nyolecjegyű szám összeadásához mindössze 40 μ sec-re (egy μ sec a másodperc egymilliomod része) van szükség. Az adatok betáplálása a postai táviratozásnál is használatos perforált szalagról történik, amelyen az egyes számjegyeket alkalmas lyukkombinációk ábrázolják; az eredményeket a gép által vezérelt villamos írógép a tízes számrendszerben írja le.

A gép viszonylag gyors aritmetikai egységének a kihasználását két tényező korlátozza; ezek azzal függnek össze, hogy a gépnek az ún. „memória”-egysége, vagyis az a része, amely a számításokhoz szükséges kezdő adatokat, a számítások közbenső eredményeit, valamint a leírásig a végeredményeket is tárolja, egy ún. mágneses dob. Ez tulajdonképpen különleges magnetofon, amelynél a mágneses bevonat a rendes magnetofonoktól eltérően nem szalagon, hanem egy percenként 3000 fordulattal forgó henger felületén van elhelyezve; az adatok „beírása” ill. „kiolvasása”, ami a rendes magnetofonnál a felvételenek, illetve visszajátzásnak felel meg, különlegesen kiképzett magnetofonfejek segítségével történik. Az említett két tényező közül az egyik az, hogy a dobon mindössze 1024 számot lehet elhelyezni, a másik pedig, hogy az az idő

⁴ TARJÁN R.: A kibernetika fő problémái. Magyar Tudomány, 1956. 1—3. sz.

ami a beírásához, illetve a kiolvasáshoz szükséges (az ún. „várakozási idő”) viszonylag hosszú: átlagosan 10 millisekundum. Ezért pl. két szám tényleges összeadásának az időszükséglete (a két szám „lehívása” a memóriából, a tulajdonképpeni összeadás, majd az eredmény elhelyezése a dobon) több, mint 30 millisekundum. Emiatt a gép átlagos működési sebessége aránylag lassú: átlagosan 30 tényleges aritmetikai művelet másodpercenként.

A Csoport terveiben kétirányú bővítés is szerepel: egyrészt egy gyorsműködésű ferrit-tároló építése, a Szovjetunióból érkező dokumentáció alapján, amelynél a várakozási idő mindössze 10—15 mikrosecundum ami megfelel az aritmetikai egység működési sebességének. A tárolási kapacitás bővítését szolgálja az ugyancsak szovjet gyártmányú URAL számológép mágnesszalagos tárolójának az M-3-hoz történő adaptálása is, amelyen 40 000 szám lesz elhelyezhető. A mágnesszalagról való leolvasás lényegesen gyorsabb, mint a perforált szalagról. Így a gép átlagos műveleti sebességét másodpercenként 1500 műveletre remélik fokozni. Ezek elkészülte után a mágneses dob a belső és a külső memória között a szükséges átmenetet, illesztést fogja biztosítani.

Mint a korszerű technika annyi más eszköze, ez a gép is a Szovjetunió baráti segítségével épült meg. Ez nemcsak a teljes dokumentációnak ingyenes rendelkezésre bocsátásában, hanem abban is megnyilvánult, hogy a Csoport tagjainak lehetővé tették az eredeti gép működését a helyszínen tanulmányozni és nagy segítséget kaptunk a szükséges alkatrészek egy részének természetben történő biztosításával is. Ezzel első ízben nyílt meg hazánkban a lehetőség egy sor olyan elméletileg és a népgazdaság számára is egyaránt fontos probléma megoldására, amelyeknek feldolgozása korábban, az asztali számológépek, vagy akár lyukkártyás számológépek lassúsága miatt is egyszerűen lehetetlen volt.

Mint ezt hivatkozott korábbi cikkünkben már kifejtettük, az elektronikus számológépek működését az a program határozza meg, amelyet a matematikusok minden egyes problémára külön előre kidolgoznak és a számítások kezdő adataival együtt előre elhelyeznek a gép memória-egységében. Az M-3 gyakorlati alkalmazásbavételének előkészítése érdekében a Kibernetikai Kutató Csoport matematikusai már az építéssel egyidejűleg előre kidolgozták azoknak a legfontosabb numerikus módszereknek a programjait, amelyekre a várható feladatokkal kapcsolatosan előreláthatóan szükség lesz. Ezek nagyjából három nagy csoportra oszthatók: az első csoportba a sűrűn használt ún. elemi függvények (pl. $\log x$ vagy $\sin x$ stb.) tartoznak. A gép ezeket, eltérően az emberi számítási módszerektől, nem táblázatokból keresi ki, hanem ha valamilyen értékre szükség van, félbehagyja a fő számítási menetet, kiszámítja a szükséges értéket, majd visszatér a tulajdonképpeni számításokhoz. A másik csoportba a műszaki és tudományos számítások tipikus esetei tartoznak; itt elsősorban különböző differenciál-egyenletekről (közönséges és parciális differenciál-egyenletek) van szó, amelyek megoldására egy sor különböző numerikus módszer létezik, mindegyik a maga jellegzetes alkalmazási területével. A harmadik csoport a különböző közgazdasági (népgazdasági-tervezési) és üzemgazdasági feladatok tartoznak, amelyekre az jellemző, hogy megoldásukhoz vagy igen nagyszámú ismeretlennel bíró lineáris egyenletrendszereket (az ismeretlenek száma általában legalább 40—50, de nem egyszer ennek tízszerese is lehet) kell megoldani, vagy más, matematikailag hasonló technikát igénylő problémákról van szó, mint pl. az ún. lineáris programozás esetében, amelyekről még szó lesz.

Mint ismeretes, a programok elkészítése rendkívül hosszadalmas és igen sok hibalehetőséget magában rejtő munka. Ezen kétféleképpen lehet segíteni; az egyik az ún. szubrutinok módszere, amelynek lényege abban áll, hogy azokat a részletszámításokat, amelyek sokféle problémánál egyaránt előfordulnak (mint pl. a $\log x$ vagy $\sin x$ kiszámítása), előkészítik és ún. szubrutin-könyvtárat alakítanak ki, amelyekből a mindenkor konkrétan adott probléma programja egyszerűen és gyorsan elkészíthető. Részben ezt a célt szolgálják a Kibernetikai Kutató Csoportban előre kidolgozott programok is. A tulajdonképpeni megoldás azonban, amelynek mind gyakorlatilag, mind tudományosan is nagy jelentősége van, a programnak magával a számológéppel történő automatikus kiszámoltatása. Egységes módszer ebben a tekintetben már csak azért sem alakulhat ki, mert az egyes számológépek utasításrendszerei különbözőek és így a konkrét módszereknek is a gép utasításrendszerétől, elsősorban az utasításban szereplő címek számától függően különbözőnek kell lenni. Az M-3 automatikus programozásának kérdéseivel *Kalmár László* lev. tag, az MTA Matematikai Kutató Intézete Szegeden működő Matematikai Logikai és Matematikai Gépek Elmélete Osztályának a vezetője foglalkozik. Munkájának eddigi részeredményeiről *Ljapunov* professzor felkérésére a Moszkvában megjelenő *Problemi Kibernetikiben* megjelenő gyűjteményben is be fog számolni.

Itt kell megemlíteni azt a jelfogós számológépet is, amelyet a budapesti Műszaki Egyetem Vezetékes Híradástechnikai Tanszékén *Kozma László*, a műszaki tudományok doktora tervezett és a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának anyagi támogatásával 1958 nyarán fejeztet be. A gép, amely teljesen önálló tervezésű és műszakilag sok szellemes, eredeti megoldást tartalmaz, rendeltetészerűen oktatási célokat szolgál. A számjegyek bevitele billentyűzet segítségével manuálisan történik. A gép egyeímű, párhuzamos üzemű, automatizált tizedespont beállítású, ún. fixen programozott gép, amelynél a programot a lyukkártya-elvhez hasonlóan röntgenfilmre perforálják, amelyet azután a gép a megfelelő sorrendben automatikusan olvas le. Az eredmények kiírása házilag villamos vezérlésűvé átalakított írógép segítségével történik. A gép gyakorlati alkalmazásbavételét elsősorban a kis, mindössze 12, egyenként nyolejegyű szám befogadására alkalmas, jelfogókkal instrumentált tároló korlátozza. Ennek ellenére ugyanolyan automatikusan működő, programvezérelt számológép, mint nagyobb elektronikus testvérei és — eltekintve az utasítás-módosítástól — mindazokat a műveleteket el tudja végezni, mint az elektronikus gépek. A tárolási kapacitás korlátain belül kis volumenű gyakorlati számítások elvégzésére is (pl. táblázatok készítése) alkalmas, mint ahogy néhány esetben ez egyes tanszékek számára már meg is történt.

Ugyancsak a budapesti Műszaki Egyetemen, a Villamosmérnöki Kar Matematikai Tanszéken, *Fenyő István* tanszékvezető docens, a matematikai tudományok kandidátusának vezetésével megépült egy legfeljebb hatodfoku algebrai egyenlet komplex gyökeit analógiás módszerrel megoldó elektromos modell, amely pl. automatikus rendszerek karakterisztikus egyenleteinek a vizsgálatára használható.

Mindaddig, míg az M-3 lesz az egyetlen elektronikus számológép az országban, a gép fő feladata előreláthatóan az marad, hogy olyan népgazdasági jelentőségű, nagy mennyiségű numerikus számítást igénylő feladatok megoldását segítse elő, amelyek az elvi jelentőség mellett közvetlenül is nagy népgazdasági haszonnal járnak. Ennek megfelelően a Kibernetikai Kutató Csoportban *Aczél István* vezetésével külön osztály foglalkozik azzal, hogy az M-3 alkalmazásbavételét népgazdasági és üzemgazdasági problémák kidolgozására előkészítse. Az osztály munkatársai közül elsősorban *Krekó Béla*, a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem docense részben témafeltáró, részben metodikai jellegű vizsgálatokat végeztek, a matematikai módszereknek népgazdasági problémákra való alkalmazásával, ill. olyan megfogalmazásával kapcsolatosan, hogy azok a rendelkezésre álló konkrét géppel megoldhatók legyenek. Így pl. vizsgálatokat végeztek a vaskohászat programozásával, a szén és más tüzelőanyagok szállításának optimális megszervezésével kapcsolatosan, a papírgyártás optimális termelési programjának a meghatározására stb. A konkrét népgazdasági haszon mellett ezek a vizsgálatok tudományos szempontból az említett népgazdasági tevékenységek matematikai modelljének a megkonstruálását segítik elő.

Matematikai módszerek szempontjából a most említett feladatok ún. lineáris programozási feladatok. Lényegében véve arról van szó, hogy különböző, egymástól kölcsönösen függő gazdasági tevékenységeket úgy kell összehangba hozni, hogy valamilyen alkalmas, jól meghatározott gazdasági mutató (pl. az önköltség vagy a tiszta gazdasági eredmény) optimális (pl. az önköltség a lehető legkisebb) legyen. Másként kifejezve: pl. egy üzem *termelési programját* úgy kell meghatározni, hogy adott gépkapacitás, anyagellátás és munkaerő esetén az önköltség a lehető legkisebb legyen. Innen a „programozás” elnevezés. A „lineáris” elnevezés arra utal, hogy a számításoknál első közelítésben feltételezik, hogy az önköltség az egyes költségtényezők lineáris függvénye, vagyis azokkal egyenesen arányos. Ez persze az általános esetben nem áll fenn, pl. ha az üzem kénytelen túlórákat is igénybe venni, amelyekért progresszíve emelkedő bért kell fizetni; a lineáris programozási módszer tehát az általános, matematikai programozási módszereknek egy speciális esete. A módszer azonban a gyakorlatban előforduló kérdések jelentékeny részében igen jó eredménnyel alkalmazható és sokszor egészen nagyméretű népgazdasági megtakarításhoz vezet.

Az ilyen problémáknak egy tipikus esete, amelyre a módszert széles körben és igen jó eredménnyel alkalmazzák, az ún. szállítási probléma. Ennek lényegét legjobban a következő példán érthetjük meg: Képzeliük el, hogy egy megye területén három téglagyár (A, B és C gyárak) van, amelyek rendre 900 000 db, 400 000 db. illetve 800 000 db téglát gyártanak bizonyos időszakban. A gyárak a téglákat öt építkezésre szállítják, amelyek szükséglete (1) 300 000 db, (2) 500 000 db, (3) 400 000 db, (4) 600 000 db, (5) 300 000 db. A téglagyárak összes termelése tehát éppen fedezi az építkezések összes szükségletét. Ez persze a valóságban általában nem áll fenn, a példában azonban ettől az egyszerűség kedvéért eltekintünk. Minthogy az egyes építkezések az egyes gyáraktól különböző távolságra vannak, népgazdasági szinten az összes szállítási költség attól függ, hogy melyik téglagyár hová mennyi téglát szállít. Az egyes relációk szállítási költségeit 1000 darabonként önkényesen választott egységekben az alanti táblázat tünteti fel:

Téglagyárak	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Összes kapacitás 1000 db
	Szállítási költség/1000 db					
(A)	10	20	5	9	10	9
(B)	2	10	8	30	6	4
(C)	1	20	7	10	4	8
Összes szükséglet 1000 db	3	5	4	6	3	21

Ilyen és hasonló problémákat a szállítási szakembereknek nap mint nap meg kell oldani; ebben persze nagy segítséget jelent a tapasztalat. Ha azonban ugyanezt a kérdést számítással oldják meg, a megtakarítás sokszor meglepően nagy. Az imént említett példában pl. egyszerű próbálgatással meggyőződhetünk arról, hogy egy *lehetséges* szállítási terv a következő:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Összes szállítás
(A)	3	5	1	0	0	9
(B)	0	0	3	1	0	4
(C)	0	0	0	5	3	8
	3	5	4	6	3	21

Ennek a szállítási tervnek az összes költsége a fenti költségtételek alapján 25 100 egység. Ha azonban kiszámítjuk az optimális megoldást a következő szállítási tervhez jutunk:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Összes szállítás
(A)	0	0	4	5	0	9
(B)	0	4	0	0	0	4
(C)	3	1	0	1	3	8
	3	5	4	6	3	21

Ennél a változatnál, amely az optimum, az összes szállítási költség csak 15 000 egység, vagyis az előbbi, próbálgatással felállított szállítási tervhez képest mintegy 40% megtakarítást jelent. A valóságban természetesen nemcsak a tégláról, hanem pl. szénről, vagy az őszi esúcsforgalom idején gabona- vagy cukorrépa-szállításról is lehet szó. Érthető tehát, hogy az ilyen módszereknek a népgazdaság szempontjából óriási jelentősége van.

Az ilyen és hasonló típusú problémák megoldási módszerei hasonlóak a lineáris egyenletrendszerek megoldási módszereihez; a gyakorlatban azonban a megoldást erősen megnehezíti, hogy az ismeretlenek száma igen nagy: az

iménti egyszerű, mesterségesen megkonstruált példában 15 ismeretlenről volt szó. A megoldáshoz mindenképpen igen gyors működésű elektronikus számológépek kellenek; még ezek használata esetén is nem egyszer több órás munkára van szükség. Döntő fontosságú tehát olyan matematikai megoldási módszereket találni, amelyek a szükséges számítási módszereket leegyszerűsítik és a számítások mennyiségét lehetőleg csökkentik. Itt fontos szerepe van azoknak a gráfelméleti tételeknek, amelyeket még *König Dénes* ért el és *Egerváry Jenő* alkalmazott a lineáris egyenletrendszereknél előforduló mátrixokra. Ennek alapján az ún. „hozzárendelési problémát” viszonylag egyszerűen lehet megoldani. A hozzárendelési probléma az általános szállítási problémának egy speciális esete és attól abban tér el, hogy minden egyes termelőhely egy egységet állít elő és azokat azonos számú felvevőhelyre úgy kell elosztani, hogy valamilyen költség a lehető legkisebb legyen. Az Egerváry-féle tételeken alapuló módszereket a nemzetközi szakirodalomban általában „magyar módszer”-nek nevezik. Legutolsó munkáiban Egerváry az említett eredményeit, amelyek még 1931-ből származtak, továbbfejlesztette az általános szállítási problémára és olyan módszert adott meg, amely az egyébként igen nagy volumenű numerikus munka jelentős lecsökkentésére alkalmas.

A most említett problémák elsősorban üzemgazdasági jellegűek. Országos szempontból még fontosabbak a közgazdasági jellegű problémák. Ezek matematikai módszerekkel történő tárgyalására már több, mint 100 éve folynak kísérletek, elsősorban abban az irányban, hogy egy adott népgazdaság egészének matematikai modelljét felállítsák. Az orosz származású, jelenleg az Egyesült Államokban élő közgazdász, *W. Leontyev*⁵ által kidolgozott modell tulajdonképpen a Szovjetunióban a húszas évek közepén kifejlesztett ún. sakktabla-módszernek a matematikai megfogalmazása. Ennél a modellnél az adott népgazdaságot olyan bontásban, amelyet a vizsgálat célja megkövetel, szektorokra (pl. szénbányászat, szerszámgépgyártás, textilipar stb.) bontják. Az export, import és a háztartási szolgáltatások, illetve a fogyasztás (mint munkaerőt termelő szektor) külön szektorok. Az egyes szektorok termelését — eltekintve az átfutó raktári tételektől — a többi szektorok használják fel, tehát az egyes szektorok kölcsönösen függenek egymástól.

Ha feltételezzük, hogy a termelési technológia a vizsgált időszak alatt (pl. egy év) nem változik, továbbá, hogy az egyes szektorok termelése (output) a különböző ráfordítások (input) lineáris függvénye (ami persze csak első közelítésben igaz), a modell lineáris egyenletrendszerre vezet, amelynek megoldása lényegében az adott technológiával, illetve össztermeléssel összhangban levő termékelosztást adja, de egy sor más vonatkozásban is (pl. tervszámok megállapítása, tervmódosítások következményeinek áttekintése, árrendszer helyesége stb.) hasznos következtetéseket lehet levonni. A gyakorlatban legalább 40, de inkább 100—200 szektoros bontások használatosak. Minthogy pl. egy 100 ismeretlenes egyenletrendszer megoldásához nagyságrendileg egymillió szorzásra van szükség, érthető, hogy a megoldáshoz manuális módszerekkel hozzá sem érdemes fogni. Az első tényleges numerikus vizsgálatokat éppen az elektronikus digitális számológépek kifejlődése tette lehetővé; egy-egy nagyobb probléma numerikus feldolgozásához, esetleg több változatban, még az elektronikus sebességek mellett is 8—10 üzemóra lehet szükség. Noha a

⁵ W. LEONTYEV: The structure of the american economy 1913—1939. Second Edition, Oxford Univ. Press, New York, 1953.

Leontyev-modell feltevései csak erősen közelítő jellegűek, jelentősége éppen a szocialista tervgazdálkodás részére kézenfekvő: lehetővé teszi, hogy becslések helyett közelítően pontos számítások alapján lehessen gazdasági terveket készíteni, a szükséghez képest több alternatívában, amelyekből azután az optimális változatot viszonylag egyszerűen ki lehet választani. A KKCs Alkalmazási Osztálya részben az Országos Tervhivatallal, részben pedig az Árhivatallal együttműködve az ilyen irányú problémáknak gépi megoldását is előkészíti.

Örvendetes jelenség, hogy legújabbán a matematikai közgazdaságtani kérdések iránti érdeklődés mind a közgazdák, mind pedig a matematikusok részéről erősen megnőtt, aminek egyik következmények a matematikusok és közgazdák közötti együttműködés fokozatos kiépülése. Ennek egyik látható megnyilvánulási formája pl., hogy az MTA Közgazdaságtudományi Intézetében matematikusokat is foglalkoztatnak, az MTA Matematikai Kutató Intézetében pedig nemrégiben közgazdasági-matematikai csoportot szerveztek. Az első hazai elméleti eredmények *Rényi Alfréd* és *Bródy András* egy, 1956-os közös munkájában találhatók,⁶ amelyben árrendezési kérdésekkel foglalkoznak. A Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézetében Bródy András a Leontyev-modell matrixánál a legnagyobb sajátérték lehetséges közgazdasági értelmezését vizsgálja, *Kondor György* pedig egy cukoripari szállítási problémát, a lineáris programozási módszer továbbfejlesztését jelentő quadratikus programozással oldott meg. Bródy András legújabb munkájában⁷ ugyancsak a Leontyev-modell alapján kimutatta, hogy a vállalati szinten elért megtakarítás nem minden esetben jelent egyszersmind népgazdasági megtakarítást is. Itt kell megemlíteni azt is, hogy *Krekó Bélának* és *Bácskai Zoltánnak* 1957-ben „Bevezetés a lineáris programozásba” címmel közös, színvonalas könyve jelent meg.

Érdekes és fontos kezdeményezést jelent a Közlekedés- és Közlekedés-építéstudományi Egyesület által ez év márciusában rendezett, külföldi résztvevők jelenlétében megtartott közlekedés-kibernetikai ankét, amelynek legfontosabb előadását a Szovjetunióban már kísérleti üzemben levő, teljesen automatizált, vezető nélküli mozdonyról *I. J. Akszonov* professzor tartotta. A magyar résztvevők a kibernetika közlekedési alkalmazásainak egy-egy területén történő alkalmazási lehetőségeit vizsgálták meg. Az ankét jelentősége elsősorban abban áll, hogy egy sor új érdeklődő, tehetséges szakemberre irányította a figyelmet; a legfontosabb eredményét abban lehet összefoglalni, hogy a kibernetika és ezen belül az elektronikus számológépeknek a közlekedésben való alkalmazása érdekében megfelelő kormányzati intézkedések előkészítése kezdődött meg.

Örvendetes tényként kell regisztrálni azt a körülményt is, hogy — noha még nem a szükséges szervezettséggel és intenzitással — megindult az elektronikus számológépekkel kapcsolatos oktatási tevékenység is. A szegedi Tudományegyetemen *Kalmár László* lev. tag rendszeres programozási szemináriumokat, ill. „Automatikus számológépek programozása” címmel előadásokat tart; a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán *Sándor Ferenc*, a Kibernetikai Kutató Csoport tudományos munkatársa

⁶ BRÓDY A. — RÉNYI A.: Az árrendezés problémájáról. Az MTA Mat. Kut. Int. Közl. I. (1956) 3. sz. 325—336. l.

⁷ BRÓDY A.: Vállalati és pénzgazdasági megtakarítás. Az MTA Mat. Kut. Int. Közl. IV. (1959) 1. sz. 11—14. l.

tartott 1958 első félévében külső előadóként előadásokat. A Kibernetikai Kutató Csoport munkatársai 38 előadásból álló programozási tanfolyamot tartottak igen nagy számú résztvevővel; a tanfolyam anyagáról a résztvevők számára jegyzet is készült, amely az M-3 programozásán kívül a gép leírását is tartalmazza. Az elektronikus számológép műszaki kérdéseinek az oktatása fakultatív tárgyként az 1959/60-as tanévtől kezdve a budapesti Műszaki Egyetemen a híradástechnikai tantervben is helyet kapott.

Az oktatási munkát erősen megnehezíti, hogy megfelelő magyar nyelvű szakkönyv (eltekintve a szerző által a Mérnöktovábbképző Intézetben tartott bevezető jellegű előadások jegyzeteitől) egyelőre nem áll rendelkezésre, az idegen nyelvű, számológépekkel foglalkozó könyvek túlnyomó része pedig a szerkezeti elemeket, a logikai struktúra kérdéseit nem általánosságban, hanem legtöbbször egyetlen konkrét gép kapcsán tárgyalja; így természetesen előtérbe helyezik azokat a megoldási módokat, amelyek az illető gépben alkalmazást nyertek. Ennek a tapasztalatnak az alapján a műegyetemi előadások programját úgy állították össze, hogy mind az egyes szerkezeti elemekkel, mind pedig a logikai struktúrával kapcsolatosan azok a kérdések kerüljenek előtérbe, amelyek valamennyi számológépnél közősek és a számológépeken kívül más alkalmazásokban, mint pl. az elektronikus telefonközpontokban és a különböző fajtájú numerikus vezérléseknél is alkalmazhatók. Az előadások tapasztalatainak felhasználásával e beszámoló írója „Elektronikus kapcsolástechnika és gyakorlati alkalmazásai” címmel kézikönyvként is használható tankönyvön dolgozik, amelynek tematikája felöleli a kapcsolási és tárolási feladatok elektronikus instrumentálását, majd ezek alkalmazását az elektronikus számoló- és adatfeldolgozó gépekben, elektronikus telefonközpontokban, valamint termelési és irányítástechnikai feladatok végrehajtására szolgáló automatikus rendszerekben.

IV.

A bevezetőben már említettük, hogy az információ mennyiség fogalma egyike a kibernetika központi fogalmainak. Minthogy az információ elmélet legfontosabb mondanivalóit az említett korábbi cikkben már ismertettük, ezúttal a részletekre nem térünk ki és csak annyit említünk meg, hogy az információ-mennyiség mértékét —, amelyet a termodinamikai entrópiával való azonossága miatt entrópiának is neveznek — kétféle átviteli módra szokás megadni: az egyiknél az átvitel időben folytonos jelek segítségével történik, mint pl. a rádióban a zenei átvitelnél, a másikonál pedig ún. diszkrét, tehát időben egymástól elkülönített (impulzusok) útján, mint pl. a távírónál. Az információ-mennyiség mértékét mindkét esetben hasonló felépítésű formula adja meg, de az egyik esetben integrálról, a másik esetben pedig összegről van szó.

Az információ-mennyiség fogalmát, mint a hivatkozott cikkben említettük, *Szilárd* és *Hartley* korábbi munkái alapján 1949-ben *Claude Shannon*, az ismert amerikai matematikus vezette be; meghatározása azonban matematikai szempontból nem volt elég szabatos. A kérdés matematikailag is teljesen szabatos tárgyalását diszkrét átvitel esetére *A. J. Hincsin* szovjet matematikus adta meg. *Rényi Alfréd* akadémikus egy *Balaton* *Jánossal* közös dolgozatában⁸ a foly-

⁸ RÉNYI A.—BALATONI J.: Az entrópia fogalmáról. Az MTA Mat. Kut. Int. Közl. I. (1956) 1 -2. sz.

tonos átvitelrel kapcsolatosan ad szabatos meghatározást és egy fontos új fogalmat, a valószínűség-számítási entrópia fogalmát vezeti be. Ezt a dolgozatot azóta németre is lefordították. Egy újabb dolgozatban⁹ az entrópia dimenziójával kapcsolatos újabb tételeket bizonyít és tisztázza a kapcsolatot *Kolmogorov* által 1956-ban bevezetett ε -entrópiával. Egy sajtó alatt levő dolgozatában *Erdős Pál* lev. tag egy régebbi számelméleti tételének a felhasználásával a *Hincsin—Fagyjev* tételnek eddig ismert bizonyításánál lényegesen egyszerűbben bizonyítja be, hogy az információ-mennyiség Shannon-féle definíciója diszkrét esetben az egyetlen, amely az ismert posztulátumoknak megfelel. Eredményeiről a prágai II. Nemzetközi Információelméleti Konferencián is előadást tartott.

Mint ismeretes, *Brillouin* volt az, aki egy sor dolgozatában és 1956-ban megjelent könyvében¹⁰ felhívta a figyelmet arra, hogy az információ-elméleti entrópia és a termodinamikai entrópia közötti analógia nemesak formális, hanem az információ-mennyiség ténylegesen negatív entrópiát jelent.

Az információ-elmélet-fizikai vonatkozásaival hazánkban *Fényes Imre*, a fizikai tudományok doktora foglalkozik. Most publikáció alatt levő új eredményeinek a lényege a következő: A termodinamikai, ún. Gibbs-féle paradoxon feloldását a jelenleg általános elfogadott felfogás abban látja, hogy ez csak a klasszikus statisztikai mechanikában lép fel. A klasszikus statisztikai mechanika azonban a valódi kvantum-mechanikai statisztikának csak egy közelítése; ez utóbbiban viszont, amely a mikro-viszonyokat pontosan ábrázolja, a Gibbs-féle paradoxon nem lép fel.

E felfogással szemben megmutatható, hogy a Gibbs-féle paradoxon az információ-elméleti keverési entrópia alkalmazásával már a klasszikus statisztikában is elveszti paradox jellegét, minthogy különböző „kontrollálási” feltételek mellett ugyanannak a rendszernek is különböző entrópiát kell tulajdonítani. Fényes Imre másik eredményében megmutatja, hogy a mérési információnak az entrópiát csökkentő hatása, a Brillouin-féle módszerhez képest egyszerűbben és fizikailag is konzekvensebb módon is megadható. Az erről szóló, Brillouinnal vitába szálló cikkének kézírata jelenleg készül.

V.

Szoros kapcsolata van a kibernetikának a matematikai logikával is. A matematikai logika, mint a neve is mutatja, a logikai kérdéseket matematikai módszerekkel tárgyalja. A legegyszerűbb esetben — ez az ún. ítélet-kalkulus — minden egyes állítást egyetlen betűvel (pl. A = az asztalnak négy lába van) jelölnek és azt vizsgálják, hogy ha különböző állításokat egymással — pl. az „És” vagy a „Vagy” kötőszóval — összekapcsolunk, mint az ún. logikai konjunkció, illetve diszkonjunkció esetén — az összetett állítás igaz vagy hamis volta, az ún. logikai értéke, amelyet 1-el, illetve 0-ával is szokás jelölni, hogyan függ attól, hogy maguk az összekapcsolt állítások igazak vagy hamisak voltak.

⁹ A. RÉNYI: On the dimension and entropy of probability distributions: Acta Math. Tom. X. Fasc. 1—2. (1959) 193—215. 1.

¹⁰ L. BRILLOUIN: Science and information-theory, 1956.

Az a körülmény, hogy bármilyen bonyolult kijelentés csak igaz, vagy hamis, a logikai értéke tehát csak 1 vagy 0 lehet, már mintegy 100 évvel ezelőtt kézenfekvővé tette, hogy olyan gépeket szerkesszenek, amelyek bonyolult logikai kifejezések logikai értékét „számítják ki” tehát megállapítják, hogy az összetett kijelentés igaz, vagy nem igaz. A lehetőséget erre elvileg az adja meg, hogy egy sor olyan — részben mechanikus, részben elektromos vagy elektronikus — eszköz létezik, amelyek két és csak két különböző állapot egyikében lehetnek, ezek közül az egyik 0-val, a másik pedig az 1-gyel azonosítható. Aégeredményben ezen alapulnak az elektronikus digitális számológépek is. Víz első ilyen logikai gépet, amely a kor technikájának megfelelően még mechanikus eszközökkel működött, *Stanley Jevons* még 1870-ben szerkesztette. Azóta ezek a gépek gyakorlatilag is egyre nagyobb fontosságra tesznek szert.

A logikai problémák instrumentálásának a kérdésével hazánkban elsőnek *Nemes Tihamér*, a műszaki tudományok doktora foglalkozott, aki — korábbi kísérletek után — 1953-ban elkészítette egy logikai gép mechanikus modelljét és megadta az elektronikus kivitel alapelveit is.¹¹

A Mérnöktovábbképző Intézetben előadásorozatot tartott a különböző logikai gépekről, ill. kibernetikus állapotmodellekről, erről jegyzetet adott ki,¹² majd ennek alapján könyvet írt „Kibernetikai gépek” címmel, amely az Akadémiai Kiadónál jelenik meg. A könyv részletesen tárgyalja nemcsak a ma már történelmi érdekességű mechanikus kivitelű logikai gépeket (*Jevons*, *Marquand* stb.) és a szűkebb értelemben vett logikai gépeket, de felöleli az elektronikus számológépek vezérművét mint logikai gépeket, a fordító- és játszó gépeket, a különböző biológiai funkciókat modelláló készülékeket és foglalkozik a mesterséges betűolvasó, alakfelismerő és hang után író gépek működési elveivel is.

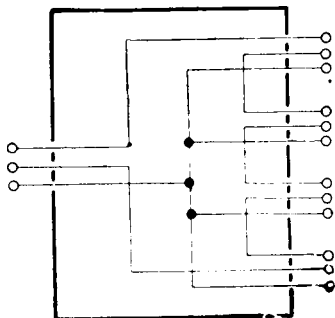
A logikai problémák instrumentálása terén a legjelentősebb hazai kísérleti eredmény az a logikai gép, amelyet *Kalmár László* lev. tag tervezett és *Muszka Dániel* segítségével kivitelezett. Ez az első ilyen típusú hazai modell. A gép felépítésében az ismert Ferranti-féle első típusú logikai gép elveit követi, tehát az elemi logikai műveleteket ún. dugaszolható dobozok formájában instrumentálja. Építését 1956 őszén a KKC's anyagi támogatásával kezdték meg, majd az MTA Matematikai Kutató Intézete megfelelő osztályának megalakulása után ennek keretében fejezték be. Lényeges és szabadalomra is bejelentett újdonsága abban áll, hogy az elemi logikai műveletek instrumentálására szolgáló dugaszolható dobozok kizárólag huzalokat tartalmaznak. Ezáltal lehetséges, hogy a logikai változókat nem egy kontaktus (vezetékpár), hanem egy váltóérintkező (vezetékhármass, hárompólus) reprezentálja. Ha a változó logikai értéke „igaz”, a középső érintkező az alsó, ellenkező esetben pedig a felső vezetékkel van fémes összeköttetésben. Az 1. ábra pl. a négyes logikai konjunkció ily módon történő instrumentálását mutatja. Könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a kimenő vezetékhármassnál a középső vezeték akkor és csak akkor lesz az alsó vezetékkel vezető-összeköttetésben, ha a középső vezetékek mind a négy bemenő vezetékhármassnál ugyanilyen állapotban vannak, ahogy ez a logikai konjunkció definíciójának megfelel. Hasonló módon, tisztán huzalozás segítségével instrumentálhatók a többi elemi logikai műveletek is.

¹¹ T. NEMES: Logical machines for recognizing class and causal relations genetically. *Acta Techn.* Vol. VII. (1953) No 1 -2. 317 l.

¹² NEMES T.: Logikai gépek. Mérnöktovábbképző Intézet. No 3355. 1955.

A gépet, megfelelő kapacitásra kiépítve, egy sor gyakorlatilag is fontos feladat megoldására is fel lehet használni. Egyik fontos alkalmazási területe pl. (késleltetés nélküli) jelfogó rendszerek kísérleti vizsgálata abból a szempontból, hogy az előírt kapcsolási feltételeknek megfelelnek-e. A gépet a szerző itthon és külföldön, így a Szovjetunióban, az 1958. évi edinburghi Nemzetközi Matematikai Kongresszuson¹³ és a namuri II. Nemzetközi Kibernetikai Kongresszuson¹⁴, valamint Kínában nagy érdeklődés mellett ismertette.

A jelfogó-rendszerek kísérleti vizsgálataival kapcsolatosan Péter Rózsa, a matematikai tudományok doktora végzett fontos — sajnos egyelőre még nem publikált — vizsgálatokat, amelyekről az 1956 szeptemberi balatonvilágosi



Matematikai Kollokviumon számolt be. A jelfogó-érintkező rendszereket általában az előbb említett ítélet-kalkulus módszereivel szokás tárgyalni. Péter Rózsa megmutatja, hogy a jelfogó-érintkező rendszereket más módon, nevezetesen a rekurzív függvények elméletével is lehet tárgyalni.

Dömölki Bálint, az MTA Kibernetikai Kutató Csoportjának fiatal matematikusa a véges automatáknál fontos szerepet játszó eseményfogalomra adott az edliginél szabatosabb megfogalmazást, amelyről 1957-ben a Bolyai János Matematikai Társulat szegedi jubiláris vándorgyűlésén számolt be. Ebben az esetben is kívánatos volna az eredmények mielőbbi publikálása.

Az eddig hazánkban, illetve külföldön épült logikai gépek minden előnyük mellett azzal a hátránnyal járnak, hogy csak az előbb ismertett ítélet-kalkulusban felmerülő problémákat tudják megoldani. Az ítélet-kalkulus azonban, minthogy a kijelentések egyes részei között nem tesz különbséget, csak viszonylag egyszerű logikai problémák szabatos megfogalmazására, illetve megoldására alkalmas. Ha azonban olyan kérdésekről van szó, mint a következtetés (szillogizmus), ahol pl. ilyen kijelentések fordulnak elő: „minden ember (halandó)” vagy pedig „van olyan ember, aki...” stb. az egyszerű ítélet-kalkulus felmondja a szolgálatot és új módszerekre van szükség. Ezek a módszerek, már az ún. predikátum-kalkulushoz vagy logikai függvénykalkulushoz tartoznak, amely egyrészt különválasztja egyszerű kijelentésben az alanyt és állítmányt, másrészt két fontos műveleti jelet, ún. kvantorokat vezet be.

¹³ L. KALMÁR: Problems concerning the conductivity states of multipoles. Intern. Congress of Mathematicians, Edinburgh, 1958.

¹⁴ L. KALMÁR: A new principle for the construction of logical machines II^e Congrès International de Cybernétique, Namur 1958. IX. 3. -10.

Az egyik az ún. univerzális kvantor, amely azt jelöli, hogy az utána következő kijelentés *minden* alanya (a logikai változó minden értékére) igaz; a másik az ún. egzisztenciális kvantor, amely azt jelenti, hogy *van olyan* alany (logikai változó), amelyre az utána következő kijelentés igaz. Tudományosan érdekes és nagy jelentőségű kérdés olyan gépnek a szerkesztése, amely nemcsak az ítélet-kalkulus, hanem a logikai függvény-kalkulus problémáinak a gépi megoldására is alkalmas. Ha az ítélet-kalkulus céljaira szolgáló gépet első típusú logikai gépnek nevezzük, a logikai függvény-kalkulus céljaira szolgáló gép nyilvánvalóan egy második típusú logikai gép lesz. Egy sajtó alatt levő dolgozatában¹⁵ e beszámoló szerzője megmutatja, hogy a második típusú logikai gép tulajdonképpen egy speciális digitális automata és megadja a legfontosabb műszaki követelményeket is, amelyek a tényleges konstrukció alapját képezhetik.

Könnyen belátható, hogy a második típusú logikai gépek — ha a kiinduló tételek, a legitim következtetési szabályok, a bebizonyítandó tétel és a bizonyítás menete adva van — megfelelő program kidolgozásával felhasználhatók a bizonyítás ellenőrzésére. Bizonyítások konstrukciójára azonban csak akkor alkalmazhatók, ha a programba eleve bizonyos heurisztikus elveket építenek be — amint ezt néhány újabb eredmény^{16, 17} bizonyítja. A programozás (tehát végeredményben egy deduktív jellegű művelet) szükségessége azonban ebben az esetben is változatlanul megmarad.

Ennek következtében könnyen belátható, hogy mind az első, mind pedig a második típusú logikai gépek lényegében deduktív jellegűek, abban az értelemben, hogy csak programozott kétértékű logikai műveleteket tudnak végrehajtani. Valamely bizonyítás első konstrukciója, az ún. „sejtés” azonban a legtöbb esetben nem deduktív, hanem induktív úton történik, amelynél nagy szerepe van a *Pólya*¹⁸ értelemben vett *plauzibilis okoskodásnak*. Ehhez az élő idegrendszer asszociatív készsége szükséges, amelynek fiziológiai alapja, amennyire ismeretes, alakok, sőt egész szituációk hasonlóságának felismerése. Szerző egy korábbi dolgozatban¹⁹ kimutatja, hogy a jelenlegi digitális automaták erre elvileg képtelenek. Azok az — egyelőre még hipotetikus — gépek, amelyek logikai problémákat *induktív módszerekkel* tudnak megoldani, nyilvánvalóan a logikai gépek harmadik osztályát jelentik; szerkezeti elemeik tulajdonságai miatt neurális automatáknak lehet őket nevezni. Ha a neuronok néhány legfontosabb tulajdonságát — amelyek elektronikus eszközökkel viszonylag könnyen instrumentálhatók is — posztuláljuk és a „hasonlóság” fogalmát oly módon általánosítjuk, hogy a hasonlóságnak nemcsak a *ténye*, hanem a *mértéke* is definiálható legyen, meg lehet adni egy olyan organizációt (neurális hálókat), amelyek az alkalmas receptorokból eredő hatásokat *irradiálni* tudják; ennek alapján közös részhalók segítségével — az általánosított definíció értelmében — hasonlóságot tudnak érzékelni. Ezen felül reverberációs elven memória feladatokat is el tudnak látni. Az irradiációs képesség és a memória azonban együttesen az asszociációnak, végső soron tehát a feltételes

¹⁵ R. TARJÁN: On logical machines. Acta Techn. Sajtó alatt.

¹⁶ A. NEWELL—H. A. SIMON: The logic theory machine. IRE Transactions on Inf. Theory. Vol. IT-2 (Sept. 1956.), 1. még a szerzők későbbi dolgozatait is.

¹⁷ H. L. GELERUTER: Realization of a Geometry Theorem Proving Machine UNESCO ICIP paper No 1. 6. 6. (June. 1959.).

¹⁸ G. PÓLYA: Mathematics and plausible reasoning I—II. 1. főként a II. kötetben.

¹⁹ R. TARJÁN: Neuronal automata, Cybernetica, Vol. 1. (1958) No 3. 189—196. 1.

reflexek kialakulásának és a tanulásnak is az alapja. A neurális automaták egyik érdekes tulajdonsága, amely a fentiekből következik, hogy őket a szokásos logikai úton történő programozás helyett *kondicionálni* kell.

Szerző ezekről a problémákról, ill. az időközi eredményekről 1957-ben a moszkvai Állami Egyetem Kibernetikai Szemináriumában, 1958-ban pedig az edinburghi Nemzetközi Matematikus Kongresszuson²⁰ és a II. Nemzetközi Kibernetikai Kongresszuson²¹ tartott előadásokat, amelyek a kongresszusi Actában fognak megjelenni.

VII.

A neurális automaták problémái átvezetnek a biológiai problémákhoz, ezeken belül a kibernetika egyik legfontosabb problémájának, az agykéreg és általában a központi idegrendszer logikai struktúrájának, a jelzésátvitelnek a mechanizmusához, valamint az élő szervezetben végbemenő folyamatok szabályozási problémáihoz. Mint ismeretes, éppen az ilyen, részben biológiai, részben műszaki természetű vizsgálatokból alakult ki a jelenlegi értelemben vett kibernetikai témakör is. Ezen a területen a Pécssett dolgozó csoportnak vannak nemzetközi viszonylatban is kimagasló eredményei.

Szentágothai János lev. tagnak 1944 óta folyó vizsgálatokkal²² sikerült a szemmozgató izmok és a labirintus közötti neurális kapcsolatok anatómiai és logikai struktúráját tisztázni: az eredmények az oculomotorikus izmokon kívül általánosan, kettős izompárokkal csuklósan mozgatótt szervek mozgási mechanizmusára is alkalmazhatók: a megadott logikai struktúra ugyanis magyarázatot ad arra a fontos körülményre, hogy az izomnégyesben egy adott izom a társaihoz viszonyítva a szükséghez képest egyszer szinergista, máskor pedig antagonista funkciókat tud ellátni. Ez az anatómiai vizsgálatok szerint specifikusan gátló idegsejtek közbeiktatása révén lehetséges. Műszaki szempontból az így kapott vezérlőrendszer viszonylag bonyolult ugyan, de rendkívül flexibilis és megfelelő eszközökkel instrumentálva — ami minden nehézség nélkül lehetséges — pl. a radioaktív preparátumoknál használt manipulátoroknál közvetlenül hasznosíthatóknak is látszik. A megfelelő matematikai modell megadására, amely pl. a stabilitási feltételek tisztázásához szükséges, a beszámoló írója folytat jó eredménnyel kecsegtető, de még le nem zárt vizsgálatokat.

Az idegrendszeri információátvitelnél döntő szerepe van a neuronális ingerületátvitelnek. Ezzel kapcsolatban Rényi Alfréd és Szentágothai János közös munkájában²³ az ingerületátvitelre olyan valószínűségszámítási matematikai modellt sikerült megadni, amelynek alapján nyert eredmények a kísérleti eredményekkel igen jól megegyeznek.

²⁰ R. TARIÁN: Neuronal automata. II^e Congrès International de Cybernétique, Namur 1958. IX. 3—10

²¹ R. TARIÁN: On the instrumentation of Logical problems. International Congress of Mathematicians, Edinburgh, 1958.

²² SZENTÁGOTHAÍ J.: A labirintus kapcsolatai a szemmozgató izmokkal. Orvosképzés, 1944. évi I. füzet.

²³ RÉNYI A.—SZENTÁGOTHAÍ J.: Az ingerületátvitel valószínűsége az egyszerű konvergens kapcsolású interneuronális synapsis-modellben. (Előzetes közl.) Az MTA Mat. Kut. Int. Közl. I. (1956) 1—2. sz. 83—91. 1.

Rendkívül érdekes eredményekre vezettek Szentágotai Jánosnak és Székely Györgynek a számfeletti végtagok beidegzésével kapcsolatos vizsgálatai. A számfeletti végtagok beidegzésével kapcsolatosan rendkívül finom kísérleti technikával végrehajtott vizsgálatok egyértelműen igazolják, hogy a normálistól eltérő helyen (pl. egy csirkénél a hátán) beültetett végtagból is érkeznek be információk az agykéregbe; a válaszreakciók, ill. a válaszreakciókat kiváltó ingerek már a valódi végtaghoz futnak vissza. Az eddigi feltevésekkel szemben, amelyek szerint az idegrendszer a különböző receptorokból származó ingereket főként topológiai elvek alapján diszkriminálja, ezek a kísérletek arra látszanak utalni, hogy a különböző receptorokból származó ingerek valamiféle specifikus kódot is tartalmaznak (ami egyelőre persze még ismeretlen), amelynek alapján a szervezet a válaszreakciókat kiváltó ingereket helyesen tudja irányítani. Ugyancsak rendkívül érdekes eredményeket értek el az optikai orientáció mechanizmusának a tisztázásával kapcsolatban. Gőtéken embrionális korban végrehajtott szemfelcserélések segítségével sikerült kimutatni a negatív visszacsatolás szerepét az optikai orientációban.²⁴ Erről a problémáról Szentágotai János 1956 októberében Moszkvában tartott nagy érdeklődést kiváltó előadást. A vizsgálati módszerekről Székely Győző külön monográfiában²⁵ számolt be. A legújabb eredményekről megfelelő filmfelvételek bemutatásával a Magyar Élettani Társaság ez évi vándorgyűlésén számoltak be.

Lissák Kálmán akadémikus 1956. évi dolgozatában²⁶ elemzi a kibernetikai módszerek jelentőségét a neurofiziológia számára. Orvosi szempontból hasonlítja össze egymással a szabályozó mechanizmusok és az élő szervezetet szabályozó mechanizmusainak a működését és rámutat a kettő között fennálló funkcionális analógiák mellett a lényeges különbségekre is. Igen kívánatos volna ugyanilyen tudományos alaposságú összehasonlítás a műszakiak szempontjából is, amelynek tanulságai a műszaki gyakorlatban is jó eredménnyel lennének használhatók. Legújabb vizsgálatainál munkatársaival, Flerké Bélával, Mess Bélával és Halász Istvánnal együtt a neuroendokrin és a humorális szabályozások mechanizmusát vizsgálja; ezek részletes ismertetése azonban túlságosan messzire vezetne. Rendkívül fontos volna ezen a téren a műszaki és főként a matematikus szakemberek bekapcsolása is, hogy a kísérletileg feltárt összefüggések formalizálása és gyakorlati alkalmazása megkísérélhető legyen.

A pécsi csoport ezen a téren elért és a szűkebb orvosi körökön kívül is érdeklődésre számot tartó eredményeiről ez év májusában sikerült kétnapos kibernetikai kollokviumon számolt be. Ezen a kollokviumon mutatták be azt a műkaticabogarat is, amelyet Szegeden az MTA Matematikai Kutató Intézete munkatársa, Muszka Dániel épített a feltételes reflexes modellálására. Ez is a negatív visszacsatolás elvén alapul, de műszaki részleteiben eltér az eddig ismert megoldásoktól. A modell az Élet és Tudományban, ill. a Természettudományi Közlönyben népszerű formában ismertették. Az eddigi tapasztalatok alapján most újabb modell tervezése folyik, amely járművezető automata céljaira volna felhasználható.

²⁴ J. SZENTÁGOTAI—GY. SZÉKELY: Elementary Nervous Mechanisms, underlying optokinetic responses. Acta Physiol. Vol. X. 1956. No 43—55.

²⁵ SZÉKELY GY.: A kísérleti embriológia vizsgáló módszerei. A Kísérletes Orvostudomány Vizsgáló Módszerei III. 939—1027. l.

²⁶ LISSÁK K.: Kibernetika a neurofiziológia szempontjából. Magyar Tudomány 1956. 4—6. sz. 181—190. l.

Végeredményben megállapítható, hogy a hazai kibernetikai kutatások a legutóbbi években gyorsütemű fejlődésnek indultak, sok esetben pedig nemzetközi viszonylatban is számottevő eredmények születtek. Ennek egyik bizonyítéka a nemzetközi kapcsolatok örvendetes fejlődése. Első helyen kell megemlíteni ebben a vonatkozásban azokat az együttműködési szerződéseket, amelyeket az MTA Kibernetikai Kutató Csoportja a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának négy kutatóintézetével, valamint egy ipari kutatóintézettel kötött. Együttműködési szerződés áll fenn az MTA Matematikai Kutató Intézete és a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Automatizálási és Telemechanikai Intézete között is, amelynek keretében tervbe vették a jelfogóhálózatokkal kapcsolatos bizonyos elméleti problémák közös megoldását is. 1959 júniusában a KKC's-ből hárman vettek részt az UNESCO által Párizsban tartott nemzetközi adatfeldolgozási konferencián. A Nemzetközi Kibernetikai Szövetségnek három, a British Computer Societynek pedig egy magyar tagja van.

Az eredmények mellett azonban rá kell mutatni arra is, hogy egy sor területen a kutatások még csak alig, vagy egyáltalán nem indultak meg, annak ellenére, hogy részben olyan kérdésekről van szó, amelyeknek kutatása — legalább is egyelőre — nem igényelne nagyobb anyagi ráfordítást. Ezek közül első helyen a gépi fordítás kérdéseit kell említeni, amelynek már jelentékeny nemzetközi irodalma, komoly elméleti és kísérleti eredményei vannak, sőt a gyakorlati jelentőségre való tekintettel a gépi fordítás kérdéseire nemzetközi szervezet is létesült. Egy másik terület, aminek rendkívül nagy gyakorlati fontossága van, a termelési folyamatok számológépekkel történő vezérlése. A gyakorlat szempontjából itt két területnek van kimagasló jelentősége: az egyik a numerikus szerszám gép vezérlés, amely az eddig alkalmazott módszerekkel szemben a kis sorozatú gyártás kérdését rendkívül flexibilis és egyszerű formában oldja meg; a másik, a folyamatos üzemű termelő folyamatokra (vegyi üzemek) vonatkozik, amelyekkel kapcsolatban mind a Szovjetunióban, mind pedig az Egyesült Államokban kiterjedt elméleti és egyre nagyobb mértékben kísérleti vizsgálatok is folynak. Az ilyen irányú tudományos kutatómunka megindítása olyan mértékben, amennyire erőnkéből telik, annál is inkább fontos és szükséges, mert szervesen hozzátartozik az automatizálásra való áttérés előkészítéséhez, ami az új ötéves terv egyik fontos célkitűzése. Gyakorlatilag senki sem foglalkozik hazánkban azokkal a fontos társadalomtudományi és filozófiai kérdésekkel, amelyeket a kibernetika felvet (pl. a teljes automatizálás társadalmi kihatásaival), amelyekkel pedig a II. Nemzetközi Kibernetikai Kongresszuson külön szekció, az 1958 októberében Moszkvában megtartott össz-szövetségi filozófiai értekezleten pedig külön előadás foglalkozott. A társadalomtudományi és filozófiai problémák hazai kutatását kétségtelenül megnehezíti, hogy a társadalomtudományokkal, ill. filozófiával foglalkozó kutatók és a műszaki, matematikus, fiziológus szakemberek között eddig még nem tudott olyan gyümölcsöző együttműködés kialakulni, mint a kibernetika egyéb területein. Remélhető azonban, hogy a Magyar Tudományos Akadémia határozata értelmében megszervezendő országos méretű koordináció ezen a nehézségen is segíteni fog.

