

# A GYORSMŰKÖDÉSŰ AUTOMATIKUS SZÁMOLÓGÉPEK FEJLŐDÉSI IRÁNYA

TARJÁN REZSŐ

*Előadta a harmadik és hatodik osztály 1956. május 31-én tartott együttes ülésén*

Az előadás témája — gyorsműködésű automatikus számológépek fejlődési irányai — annyira elágazó, maga a fejlődés annyira hallatlanul gyors-ütemű, hogy részletes kifejtése egyetlen dolgozat keretében aligha lehetséges. Ennek következtében az elmondandók hangsúlya nem annyira a jelenlegi megoldási módszereken, mint inkább a fejlődés várható perspektíváján van. A jelenlegi megoldási módszerekre csak ott és annyira térünk ki részletesebben, ahol és amennyire az összefüggések miatt feltétlenül szükség van.

## 1. Az analóg és digitális módszer

A numerikus számításokat igénylő problémák megoldására szolgáló gépi — mechanikus, elektromos vagy elektronikus — segédeszközök két alapvető elv alapján működnek: az egyik az analógia elve, a másik pedig a numerikus, illetve a meghonosodott terminológia szerint: a digitális kifejtés elve. (Digit angolul számjegyet jelent.)

### 1.1 Az analóg számítási elv

Az analóg számítási módszer alap gondolata a következő: olyan fizikai rendszert építünk meg, amelynek kiválasztott paraméterei az idő- vagy a térkoordináták függvényében ugyanolyan matematikai összefüggéseknek tesznek eleget, mint a megoldandó probléma. A függő változóknak a rendszer térkoordinátái, a független változónak az idő az analogonja, maga a rendszer a probléma fizikai modellje. A megoldást azáltal kapjuk meg, hogy a modell megfelelő pontjain *mérést* végzünk. Matematikai szempontból a megoldás, néhány kivételtől eltekintve, mint a független változó minden értékére definiált *folytonos függvény* jelentkezik.

### 1.2 A digitális kifejtés elve

A digitális módszer a megoldást nem folytonos függvény alakjában, hanem *diszkrét helyeken, numerikus formában* adja meg. A probléma meg-

oldásához szükséges műveleteket ennek megfelelően konkrét numerikus formában kell elvégezni, ugyanúgy, mint a manuális asztali számológépeknél.

### 1.2.1 A számok reprezentálása

A korszerű, gyorsműködésű digitális számológépekben a számokat villamos feszültségimpulzusok kombinációival ábrázolják. Minthogy az impulzusok legbiztonságosabban megállapítható tulajdonsága az, hogy egy adott helyen adott időpontban jelen vannak-e vagy nincsenek — „minden vagy semmi” jellegűek —, a korszerű digitális számológépekben nem a tízes, hanem a kettes számrendszert használják. A kettes számrendszer ismeretes módon csak két számjegyet, a nullát és az 1-et ismeri; így legjobban megfelel egyrészt az impulzusok „igen—nem” jellegének, másrészt pedig a gépben felhasznált szerkezeti elemek természetének (jelfogók, elektroncsövek), amelyeknél legbiztonságosabban ugyancsak a „vezet—nem vezet” állapotokat lehet megkülönböztetni.

Az egyes számokat reprezentáló impulzusok elrendezése kétféle lehet: térbeli vagy időbeli. Ennek következtében az impulzuskombinációk továbbítása a gép egyes részei között ugyancsak kétféle módon történhetik. Ha az egyes bináris helyértékeknek megfelelő impulzusok ugyanazon a vezetéken *időben egymás után* következnek, *soros működésű* gépről beszélünk. A másik esetben az egyes helyértékeken jelenlevő impulzusok *térben egymás mellett* elhelyezett *párhuzamos* vezetéseken egyidejűleg haladnak; ezek a *párhuzamos működésű* gépek.

A gép működési sebességét alapvetően az szabja meg, hogy az egyes impulzusok milyen sebességgel következnek egymás után, tehát az impulzusismétlődési frekvencia. Elektromechanikus eszközökkel, jelfogókkal maximálisan 5—600/sec impulzus érhető el — legalábbis a jelenlegi technológiai eszközökkel. Az elektronikus gépeknél az impulzus-ismétlődési frekvencia közepes gyorsaság esetén 50 000—500 000/sec, a kifejezetten nagy sebességre épített gépeknél pedig 1—5 millió. Azonos impulzus-ismétlődési frekvencia mellett a párhuzamos működésű gépek kb. 30—40-szer gyorsabbak, mint a soros működésűek, viszont ugyanilyen arányban több szerkezeti elemet igényelnek, tehát bonyolultabbak és költségesebbek.

A most említett nagy működési sebességből következik, hogy a digitális gépeket teljes mértékben automatizálni kell. Ez viszont két újabb problémát is felvet: egyrészt előre ki kell dolgozni azt, hogy a gép mikor, milyen sorrendben, milyen műveleteket hajtson végre — más szóval teljes részletességgel előre ki kell dolgozni az elvégzendő számítások *programját*. Másrészt szükség van olyan berendezésre is, amely egyrészt a programot, másrészt a műveletekben szereplő számokat (kezdeti adatok, közbenső és végső eredmények) a számítások során *tárolja*, mégpedig úgy, hogy ha szükség van rájuk, elég

gyorsan rendelkezésre álljanak. A funkciók analógiája miatt a gépnek ezt a részét plasztikus, ma már a közhasználatba átment kifejezéssel memória-egységnek nevezik. Szükség van továbbá a tulajdonképpeni számításokat elvégző úgynevezett aritmetikai egységen kívül alkalmas kiíró-szerkezetre, továbbá az adatok bevitelére alkalmas egységre, végül egy olyan egységre, amely a gép különböző részei közötti forgalmat, illetve a helyes működési sorrendet biztosítja.

### 1.22 A digitális számológép működése

A tulajdonképpeni működést megelőzően a feldolgozandó problémát a programozó matematikus előkészíti. Kidolgozza a megoldás programját, azaz a probléma megoldását lebontja a gépbe beépített alpműveletek (összeadás, kivonás stb.) megfelelő egymásutánjára. A műveleti utasításokat, valamint a kezdeti adatokat (számokat) pl. a postán használatos lyukkombinációkkal távirószalagra perforálják. A szalag a gép bemenő egységébe kerül, amely a lyukakat letapogatja és a megfelelő villamos impulzus-kombinációkat eljuttatja a tulajdonképpeni gépbe. Itt a memória-egységbe kerülnek, amely azokat a gép működése során tárolja.

Az impulzus-kombinációk — mint említettük — kétféle típusúak: utasítások és számok. A műveleti utasítások a programvezérlő egységbe kerülnek, amely a gép egyes részeit az utasítások megszabta sorrendben és módon működteti, és gondoskodik a számok megfelelő továbbításáról is. A tulajdonképpeni számításokat, mint a neve is mutatja, az aritmetikai egység végzi el, amely a számokat a memória-egységből kapja és oda küldi vissza. Az aritmetikai egységbe a tulajdonképpeni aritmetikai műveleteken kívül (összeadás, kivonás, szorzás és kivételesen az osztás) még néhány logikai műveletet is beépítenek, amelyek közül a legfontosabb a *diszkrimináció*. Ennél a legegyszerűbb esetben a gép két impulzus-kombinációt hasonlít össze egymással és azt érzékeli, hogy megegyeznek-e vagy sem; az eredménytől függően más-más további utasítássorozatot hajt végre. Ennek azért van döntő jelentősége, mert bonyolult problémáknál a számítások menete gyakran elágazik és a folytatás pl. attól függhet, hogy mi volt egy korábbi számítás eredménye. A diszkriminációs készség segítségével ezek a választások — persze előre megadott kritériumok alapján — automatizálhatók.

A számítások elvégzése után a végeredmények a memóriából a kimenő egységbe kerülnek. Ez egyszerűbb esetben a postán is használatos villamos írógép, nagyobb berendezéseknél pedig lyukkártyaberendezés, amely az adatokat táblázatos formában is rögzíti.

### 1.3 Az analóg és digitális módszer összehasonlítása

#### 1.31 A számítási pontosság

Az első összehasonlítási szempont a kapott eredmények pontossága. Minthogy az analóg gépeknél az eredményt végső soron mérés útján kapjuk meg, az elérhető pontosságot a mérési pontosság határozza meg. Az elektronikus analóg-gépeknél a pontosság általában néhány százalék a maximális értékhez viszonyítva; ha a megoldás a zérus közelébe esik, a pontosság lényegesen rosszabb. A pontosságot — jelentékeny erőfeszítések árán — ezrelék nagyságrendre, precíziós finommechanikai gépeknél pedig tízezelék nagyságrendre lehet fokozni. Ezzel szemben a digitális módszernél az eredményt elvileg tetszőleges számú tizedes pontosságig meg lehet kapni: az elérhető pontosságnak csak a gép számjegykapacitása szab gyakorlati határt. Ezen a területen tehát a digitális gépek határozott előnyben vannak.

#### 1.32 Szerkezeti elemek

A digitális számológépekben jelfogók, elektroncsövek, félvezetőből készült egyenirányítók és egyéb, *szabványos kivitelű*, tehát olcsó híradástechnikai alkatrészek vannak. Az analóg számológépeknél ezzel szemben — ha csak valamelyes pontosságra is törekszünk — a nagyfokú mérési pontosság érdekében precíziós alkatrészekre (pl. lineáris potencióméterek, pontos műszer-kondenzátorok) van szükség. Ezzel szemben azt szokták felhozni, hogy a digitális számológépek több száz, vagy éppen több ezer elektroncsövet tartalmazó nagyméretű berendezések, szemben a kisméretű, egyszerűbb analógiás berendezésekkel. Ez azonban csak látszólag van így. Az analóg gépeket általában egyszerűbb, legtöbbször egyváltozós problémák megoldására szokták felhasználni, ahol korlátozott pontosság is elegendő. Ha azonban többváltozós vagy egyébként bonyolultabb problémáról van szó, az analóg gépek méretei (elektroncsövek száma stb.) gyorsan nőnek, és nem egy esetben meghaladják egy közepes méretű digitális számológép méreteit, — *anélkül, hogy az eredmények pontossága növekednék*: a szükséges precíziós alkatrészek miatt a költségek még közepes bonyolultságú problémáknál is meghaladhatják a digitális gépek költségeit. Ehhez járul még az a körülmény, hogy az analóg gépeknél, ha a probléma változik, nemcsak az egyes műveleti egységek egymás közti összeköttetését kell megváltoztatni (ami viszonylag egyszerű), hanem a probléma természetének megfelelően a műveleti egységek esetleg jelentős hányadát cserélni is kell — szemben a digitális gépekkel, ahol a gép nem változik, hanem elegendő a programot cserélni. *Az analóg gépek tehát lényegében véve egycélú berendezések, míg a digitális gépek univerzális felhasználhatóságúak.*

A legutóbbi időkben kialakult az analóg mennyiségek digitális formára és vissza történő átalakításának a technikája. Ez lehetővé tette, hogy a digitális gépeket úgy programozzuk, hogy analóg gépek módjára legyenek kezelhetők. Sőt, új géptípus is alakult ki: az ún. digitális differenciálanalizátorok; amelyeknél az összes műveleteket digitális technikával végzik el, de az eredményt egy ezrelék pontossággal grafikusán, tehát analóg módon kapják.

*1.33 A funkcionális különbségek a legdöntőbbek.* Mint említettük, az analóg számológépek lényegében a probléma fizikailag megépített modelljei. Ha a külső tényezőknek megfelelő valamelyik paraméter pillanatnyilag megváltozik, a modell ezekre — és csak ezekre — reagál. A digitális számológépek ettől funkcionálisan alapvető módon különböznek: memóriájuk van és diszkriminációs készséggel rendelkeznek. Ebből a kettőből következik, hogy — kibernetikus hasonlaltal élve — a digitális gépek viselkedését nem egyedül a külső környezetből *pillanatnyilag* befutó változások („ingerek“), hanem ezeken kívül a memóriában tárolt *korábbi adatok* („tapasztalatok“) *együttesen* határozzák meg. Ebből viszont a tulajdonképpeni számítások elvégzésén kívül egy sor olyan alkalmazási lehetőség adódik, amely az analóg gépeknél szóba sem jöhet.

*1.34 A végső következtetést* a következőkben lehet összefoglalni: a fejlődés egyre jobban a digitális gépeket helyezi előtérbe. Az okok: nagyobb numerikus pontosság, kevésbé kényes technológia és nagyobb flexibilitás. Az analóg gépek felhasználási területe egyre jobban olyan fizikai folyamatok *modellezésére* korlátozódik, amelyeknél a digitális technika valamilyen oknál fogva nem használható. A továbbiakban csak a digitális számológépekkel fogunk foglalkozni.

## 2. Digitális számológépek

### 2.1 Tipusfelosztás. Összehasonlítási szempontok

A digitális számológépek legjellegzetesebb szerkezeti eleme a kétállapotú elem, amely megfelel az impulzusok „igen—nem“ jellegének. A kétállapotú elem vagy elektromechanikus, vagy elektronikus lehet; az elsőt a közismert jelfogó, a másodikat az elektroncsöves billenő-kör reprezentálja. A digitális számológép mindkét elem segítségével megépíthető; történelmileg az első digitális számológépet ténylegesen szabványos telefon-jelfogókból építették meg. Nem felesleges, ha a kétféle szerkezeti elemet, illetve a belőlük készíthető gépeket összehasonlítjuk egymással. A sokféle lehetséges szempont közül mint legfontosabbakat a következőket választjuk ki:

- költségek
- energiaszükséglet
- működési sebesség, és ami a legfontosabb:
- megbízhatóság.

## 2.2 Költségek

Az elektroncső és a jelfogó beszerzési költségei gyakorlatilag egyformák, — legalábbis világszintű árszínvonalon. Hazai viszonylatban ugyan az elektroncső beszerzési ára nagyobb, mint a telefon-jelfogóké, ennek oka azonban nem a reális technológiai különbségben, hanem a kalkuláció módjában keresendő.

## 2.3 Energiaszükséglet

Mindkét szerkezeti elemnél gyakorlatilag egyforma — tartós terhelés esetén kb. 3—5 watt.

## 2.4 Működési sebesség

A digitális gép működési sebességét alapvetően az szabja meg, hogy az egyes impulzusok milyen gyorsan következnek egymás után. A hazai gyártású telefon-jelfogók meghúzási ideje biztonságos működés esetén kb. 15 msec, az elengedési idő ennek mintegy 20%-a. Külföldön a számológépek céljaira különleges gyorsműködésű jelfogókat használnak, amelyeknek meghúzási ideje kerekén 1 msec, az elengedési idő ennek megfelelően kb. 0,2 msec vagy rövidebb. Ha az elengedési időt teljesen elhanyagoljuk, az elektromechanikus jelfogó másodpercenként legfeljebb 1000 impulzust képes előállítani. Ezzel szemben a közepes sebességű elektroncsöves gépek is másodpercenként néhányszor  $10^5$ , a nagysebességű gépek pedig néhányszor  $10^6$  impulzussal dolgoznak — anélkül, hogy a technológiával szemben különösebb követelményeket kellene támasztani. A működési sebességek aránya tehát 1 : 100, illetve 1 : 1000, vagyis két vagy három nagyságrend.

## 2.5 Megbízhatósági szempontok

Érthető módon ezek a legfontosabbak. A digitális számológépek numerikusan dolgoznak; a bináris számokat lényegében a bináris elemek mindenkori állapota reprezentálja. *Ha a nagyszámú bináris elem közül bármelyik csak egyszer is rosszul működik — az egész hosszadalmas számítás eredményét megghamisíthatja.* Ebből a szempontból az összehasonlítás a következő képet mutatja:

Az elektromechanikus jelfogó átlagos élettartamát általában a hibamentes elemi működések (meghúzás—elengedés) számában szokás kifejezni. A jelenlegi követelmények szerint a jó minőségű jelfogó élettartama átlagosan 100 millió ( $10^8$ ) elemi működés, ami még a jelenlegi technológia keretén belül egy nagyságrenddel, tehát egymillióra ( $10^9$ ) fokozható. Ha az elemi működések teljes időszükségletét ismét 1 msec-nak vesszük, ez *folyamatos működés esetén* nagyságrendileg 300 üzemórának felel meg. Ezzel szemben számológépekben használatos elektroncsövek átlagos élettartama, ugyancsak folyamatos működés esetén tízezer óra; az arány tehát kereken 1:100. Ez azonban még nem a teljes kép; csak azt mutatja, hogy az elektromechanikus jelfogót körülbelül százszor gyakrabban kell cserélni, mint az elektroncsövet. Az elektroncső a tízezer óra átlagos élettartam alatt másodpercenként egymillió, összesen tehát nagyságrendileg  $10^{18}$  elemi működést képes végrehajtani.

Ha ezt a számot hasonlítjuk össze a jelfogó  $10^9$  elemi működésével — márpedig az elvégzett munkára a működések száma a legfőbb jellemző — akkor az arány 1:100-ról 1:10 000-re emelkedik. Ha még figyelembe vesszük azt is, hogy a jelfogó az elektroncsővel ellentétben egyidejűleg több érintkezőt is tud működtetni, az arány legfeljebb 1:1000-re csökken. Ezt az arányt a jelfogó javára még tovább javítja az a körülmény, hogy a jelfogós számológépekben a jelfogó nem működik állandóan, szemben az elektroncsővel, amely a gép teljes működési ideje alatt üzemben van, még akkor is, ha nem ad impulzust. Ha ezt a tényezőt szintén egy 10-es faktoriallal vesszük figyelembe, az arány az elektroncső javára végső soron még mindig 1:100.

Az elektroncső tehát végeredményben mindenképpen előnyösebb: ugyanannyi üzemidő alatt az elektromos gép mintegy százszor annyi hasznos munkát tud elvégezni. Lényegében ez a körülmény tükröződik abban a tényben, hogy a jelenleg működő digitális számológépeknek jóval több mint 90%-a elektronikus gép. A második világháború alatt épült jelfogós gépeket fokozatosan lebontják, új jelfogós gépeket pedig csak ott építenek, ahol ezt különleges helyi okok, vagy egyéb szempontok, pl. oktatás, feltétlenül szükségessé teszik.

A digitális számológépek a fejlődésben csak a kezdet kezdetén tartanak; a fejlesztés feltétlenül szükséges és lehetséges is. A fejlesztés három főproblémát vet fel:

- a *technológiai fejlesztés* fő problémája a megbízható és olcsó mikro-komponensek kidolgozása; az egymás közötti összeköttetések célszerűen a nyomtatott áramkörök technológiájával oldhatók meg;

— *a rendszertechnika* fő problémája: az adott szerkezeti elemek célszerű, optimális organizációja; minden eddigi eredmény arra utal, hogy a jelenlegi organizációs módszereink meglehetősen kezdetlegesek.

Végül külön problémaként jelentkezik

— *valamely adott gép alkalmazása* különböző területekre, ezek a programozás problémái.

A továbbiakban ezeket a problémákat fogjuk áttekinteni.

### 3. A technológiai fejlesztés kérdései

A digitális számológépek szerkezeti elemei kétféle alapvető funkciót látnak el: a tárolás és a kapcsolás funkcióját. A tárolási funkció biztosítja a gép memória-készségét; a kapcsolási funkciók segítségével pedig a közvetlen értelemben vett kapcsolási feladatokon kívül az aritmetikai, tehát logikai műveletek is instrumentálhatók.

#### 3.1 Kapcsoló elemek

A jelenleg üzemszerűen használt digitális számológépekben kapcsolóelemeként kizárólag elektroncsövek működnek. A méretcsökkentési kísérletek a szubminiatűr-csővek alkalmazására vezettek: ezek segítségével sikerült ugyan a gép méreteit lényegesen csökkenteni, de nem sikerült kiküszöbölni azt, hogy az elektroncsövek üzembiztonság szempontjából a gépek leggyengébb pontjai. Éppen ezért a technológiai fejlesztés fő problémája az elektroncső lehetőleg teljes kiküszöbölése. A technológiai fejlesztés jelenlegi iránya olyan kapcsolóelemek kidolgozása, amelyek a kapcsolási feladatokat a szilárd testek valamilyen fizikai tulajdonságának felhasználásával hajtják végre és vezérelhető módon reverzibilis állapotváltozásra képesek. Az ezzel járó előnyök ismertek: viszonylag nagy ellenállóképesség mechanikai behatásokkal szemben, gyakorlatilag korlátlan élettartam. Gyakorlatilag a szilárd testek három tulajdonsága jön figyelembe: a vezetőképesség, a mágneses tulajdonságok és a dielektromos polarizálás.



### 3.11 Félvezetők, tranzisztor

A szilárd testek vezetőképességét a félvezetőknel a külső elektródák segítségével lehet vezérelni. Ez a jelenlegi technológiai szinten legjobban a germániumnál valósítható meg. Dióda formájában általánosan használják a logikai funkciók instrumentálására, sőt újabban a visszáram tehetetlenségét felhasználva, két állapotú elemként is sikerült alkalmazni. Ez utóbbi célra azonban sokkal alkalmasabbak a tranzisztorok, amelyek az elektroncsöveket kétségtelenül már a közeljövőben mindazokból az alkalmazásokból ki fogják szorítani, amelyeknél a kapcsolási funkcióhoz nincsen szükség komolyabb teljesítményre. Előnyeik ismeretese: az elektroncsőhöz képest nagyságrendileg kisebb méretek, annyira, hogy erősen megközelítik a tulajdonképpeni mikrokomponenseket. Teljesítményszükségletük elhanyagolhatóan kicsi. A rétegtranzisztor mechanikai behatásokkal szemben gyakorlatilag érzéketlen. A jelenleg használatos germániumtranzisztor legfőbb hátránya az alacsony üzemi hőmérsékleti határ, ezt a problémát azonban a szilíciumtranzisztor előreláthatóan meg fogja oldani.

A tranzisztorok széleskörű elterjedését jelenleg a rendkívül bonyolult és ennek megfelelően költséges gyártási technológia akadályozza: egyenletes minőségű példányokat még ilyen körülmények között is csak válogatással lehet biztosítani. Remélhető azonban, hogy ez a helyzet a legközelebbi néhány év alatt lényegesen javulni fog.

### 3.12 A ferromágneses tulajdonságok felhasználása

Ismeretes, hogy a ferromágneses anyagok hiszterézisgörbéje alkalmas hőkezelési vagy hengerlési eljárással, esetleg ezek kombinációjával közel négyszögletessé tehető: a remanencia a telítési érték 95%-át is elérheti. Ha az anyag egyszer valamelyik irányban telítésbe kerül, mindaddig telített állapotban marad, amíg elegendő erősségű ellenkező irányú mágnesezést nem kap; ekkor ugrásszerűen átmegy az ellenkező irányú telítésbe. A kétféle telítési állapot a kettős számrendszer kétféle számjegyének feleltethető meg.

A ferromágneses anyagokat jelenleg kétféle formában hasznosítják: az egyik a rendkívül vékonyra (1/8 mil) hengerelt különleges ötvözesű vasanyagok, a másik a kisméretű ferritgyűrűk. Gyakorlatilag az utóbbiak azok, amelyek a kívánatos mikrokomponenseket legjobban megközelítik; az ilyen ferritgyűrűk nem nagyobbak, mint egy írógép o betűje. Élettartamuk gyakorlatilag korlátlan, lényegében véve olcsó tömegcikként állíthatók elő és mechanikai behatásokkal szemben is viszonylag érzéketlenek. Hátrányaik közül elsősorban a telítéshez szükséges nagy koercitív erőt kell említeni, ami nagy energiafelhasználással ekvivalens. A cambridge-i (Anglia) egyetem most épülő második nagyteljesítményű gépén a teljes memóriát ilyen ferritgyűrűkből építik meg; az energiaszükséglet és

ezzel a disszipált hőmennyiség olyan méreteket ölt, hogy elszállítására külön szellőztetőberendezés szükséges. Hátrányaik közé tartozik az is, hogy az elektroncsövekkel és félvezetőkkel ellentétben nem unipoláris eszközök, aminek következtében az unipolaritást külön félvezetők közbeiktatásával kell biztosítani. Memóriaelemként való felhasználásuknál az is hátrányként jelentkezik, hogy a tárolt adatok kivételénél az illető memóriarész kiürül. Ha a memória tartalmának felhasználása mellett a tartalom további megőrzésére van szükség, a regenerálásról külön segédművelet útján kell gondoskodni, ami a gép működését lassítja. Végül meg kell említeni azt, hogy ez idő szerint még legfeljebb 100 Kc impulzusismétlődési frekvenciával használhatók, tehát viszonylag lassú eszközök.

A ferromágneses anyagok felhasználása fejlődésének még csak a kezdetén van; a fentemlített hátrányok több-kevesebb kísérleti munkával kiküszöbölhetők. A tranzisztorokkal szemben rendkívüli előnyük az egyszerű eszközökkel, nagy tömegben történő olcsó előállíthatóságuk. Megfelelő fejlesztési munka esetén a sokkal nehezebben és drágábban előállítható tranzisztorok egyenrangú vetélytársai lehetnek.

A négyszögletes hiszterézisgörbe a ferromágneses anyagoknak nem az egyetlen, a digitális számológépek részére hasznosítható tulajdonsága. Említést kell tenni a gyorsműködésű mágneses erősítőkről, amelyekre vonatkozólag sokat ígérő lehetőségek vannak. A gyorsműködésű mágneses erősítők lehetővé teszik az elektroncsövek pótlását azokon a területeken, ahol komoly teljesítményre van szükség (központi szinkronizáló impulzusok). További lehetőségeket nyújt a hiszterézisgörbe inherens szimmetriájának a felhasználása, amelyet mérés technikai vonalon rendkívül kis mágneses terek detektálására már eddig is szép sikerrel hasznosítottak.

### *3.13 Ferroelektromos tulajdonságok*

Már régóta ismeretes, hogy bizonyos kristályok, elsősorban a különböző bárium-stronciumtitanátok elegendő nagy feszültséggel tartósan polarizálhatók és a polarizációs görbe a ferromágneses anyagok hiszterézisgörbéjével teljesen analóg menetű. A ferromágneses anyagok remanens indukciójának itt a remanens polarizáció felel meg. Minden jel arra mutat, hogy nagykapacitású és ugyanakkor kis méretű memória céljaira ezek az anyagok lesznek a legalkalmasabbak. A kísérletek azonban még a laboratóriumi stádium elején tartanak, noha az irodalomban már működő modellekről is említés történt. Még egy sor kérdést kell tisztázni, amelyek közül a legfontosabbak az energiaviszonyok, illetve a segédelektrodákkal való vezérelhetőség kérdései.

### 3.2 A tárológység (memória) kérdései

#### 3.21 Elvi követelmények

Mint már említettük, a digitális számológép tárológysége lényegében véve ugyanazokat a funkciókat teljesíti, mint az emberi emlékezőkészség. A számológép vonatkozásában a döntő követelmények a következők:

— a memóriába történő bevitelhez, illetve az onnan történő kivételezéshez szükséges várakozási idő (access-time) minimális legyen; ellenkező esetben a gép működési sebességét fékezniük;

— a tárolás legyen elvileg korlátlan tartamú és változatlan minőségű. A követelmény nem teljes kielégítése gyakorlatilag annyit jelent, hogy a gép „felejt”. Ennek az a legrosszabb következménye, hogy a tárolt nullák és egyesek közötti különbség elmosódik, ami hibás eredménnyel egyértelmű;

— gyors és teljes mértékű törlés;

— legalább is elvileg korlátlan kapacitás.

Ezeket az egymásnak részben ellentmondó követelményeket egyidejűleg nem lehet megvalósítani; a gyakorlatban kompromisszumra van szükség. — A memóriefunkció instrumentálására logikailag két lehetőség van:

— dinamikus (időbeli) tárolás és

— statikus (térbeli) tárolás.

3.2.2 A dinamikus tárolás elve azon alapszik, hogy megfelelő rugalmas közeg egyik végén alkalmas adófejjel impulzusszerű rugalmas alakváltozást keltünk. Az alakváltozás a terjedési sebességnek megfelelő idő után megjelenik a közeg másik végén, ahol a vevőfejben ismét feszültségimpulzust kelt, ezt a feszültségimpulzust megfelelő regeneráló erősítő útján visszatápláljuk a rugalmas közeg elején levő adófejre. Az egyszer betáplált impulzuskombinációk tehát a rugalmas közegből, az adó- illetve vevőfejből és a regeneráló erősítőtől álló zárt körben mindaddig keringeni fognak, amíg alkalmas szelekciós áramkörök segítségével onnan ki nem eresztjük. Az első számológépekben rugalmas közegként folyadékokat, legtöbbször higanyt alkalmaztak. Ez a módszer ma már elavultnak tekinthető; jelenleg késleltető közegként leginkább nikkelt használnak, amelynek előnyei a higanyal szemben kézenfekvők. A rugalmas alakváltozást magnetostriktív effektus segítségével keltik.

A dinamikus tárolásnál egy-egy impulzus helyét egy idő- és egy térkoordináta határozza meg: az első azt az időpontot jelzi, amikor a szükséges impulzuskombináció a rendszer kimenetén megjelenik, a másik pedig azt a művonalat, amelyben az impulzuskombinációt tárolják. A dinamikus tárolási módszer egyszerűsége és olcsósága miatt széles körben elterjedt; legnagyobb hátránya a maximálisan 1—2 milliszekundum nagyságrendű várakozási idő, ami az adatok beviteléhez, illetve kivételezéséhez átlagban szükséges.

3.23 *A sztatikus tárolás elve:* síkban vagy térben egymás mellett elhelyezett szerkezeti elemeken viszonylag tartós, de vezérelhető módon reverzibilis állapotváltozást létrehozni. Ez idő szerint kétféle effektust használnak fel:

- az elektromos polarizáció megváltoztatását (töltéstárolás),
- a mágneses állapot megváltoztatását (remanencia).

3.231 *A töltéstárolás* elvét legszemélyesebben WILLIAMS oldotta meg azáltal, hogy az impulzusokat reprezentáló töltéseket egy katódsugárcső ernyőjén helyezte el. A módszert sokan és sok helyütt tökéletesítették; a részletek ismereteseek. Rendkívül nagy előnye az adatok beírásához, illetve kivételezéséhez szükséges várakozási idő rendkívül kicsiny volta (néhány mikroszekundum). Legfőbb hátránya, hogy az ernyőnek azok a helyei, ahol az egyes impulzusoknak megfelelő töltések tárolódnak, egymástól csak rosszul vannak elszigetelve. Emiatt töltéselszivárgás lép fel, ami a nullák és egyesek közötti különbség fokozatos eltűnésével egyértelmű. Ezért a tároláshoz periodikus regenerálásra van szükség; a regeneráláshoz szükséges idő a nagy működési sebesség miatt ugyan gyakorlatilag elhanyagolható, másrészt azonban a szelekcióhoz, illetve beíráshoz bonyolult, nagy csőszámot igénylő, tehát költséges segédáramkörökre van szükség. Mindez együttesen nagy fizikai méretekhez és viszonylag nagy meghibásodási valószínűséghez vezet.

Ezeket a nehézségeket segítette HOLT (Bureau of Standards) úgy, hogy a katódsugárcső ernyője helyett fizikailag különálló kondenzátorokat használ, amelyeket egymástól és a szelekciós áramköröktől germániumdiódák választanak el. Ez a módszer egyelőre még csak kísérleti stádiumban van; kísérleti modell ugyan kisebb kapacitásra már épült, de tapasztalatok még nem állnak rendelkezésre. Kétségtelen, hogy a módszer alkalmas arra, hogy erősen miniatürizálja és megközelítse a tényleges mikrokomponenseket. A szelekciós áramkörök is viszonylag egyszerűbbek és tranzistorokkal is megoldhatók. További lehetőséget jelent ebben az irányban a ferroelektromos anyagok használata, amelyeknél a nagy dielektromos állandó miatt rendkívül kis fizikai méretek és nagyfokú mechanikai stabilitás érhető el; az előállításához szükséges technológia is olcsó.

3.232 *A mágneses állapot megváltoztatása* egyik formájában lényegében véve a magnetofon elvét hasznosítja, részben közvetlenül, tényleges magnetofon alakjában, részben pedig mágneses dob formájában. Ezek a technikai részletek annyira közismertek, hogy nem szükséges rá kitérni. A magnetofont mint gyakorlatilag korlátlan kapacitású memóriát használják. Minthogy a beírás, illetve kiolvasás csak egy irányú mozgással történhet, az adatok elővételehez, illetve a megfelelő helyre történő beírásához időnként a szalagtekercsek visszaporgetására van szükség, ami a várakozási időt rendkívül megnyújtja.

Ezt a nehézséget a mágneses dob azáltal hidalja át, hogy körmozgást végez, tehát az adatok periodikusan rendelkezésre állnak. Ez viszont a kapacitás viszonylagos csökkentését jelenti: a gyakorlatban egy-egy dobon néhány ezer tízjegyű számnál többet nemigen lehet elhelyezni. A várakozási idő a fordulatszámától függ, általában 6—10 milliszekundum körül mozog, ami a kapcsolóelemek működési idejénél több nagyságrenddel nagyobb. Mindkét módszer nagy előnye azonban a tárolás tartós volta, még abban az esetben is, ha a hálózati tápfeszültség valamilyen oknál fogva kimarad.

3.233 *A mágneses állapot megváltoztatásának másik formája a ferritgyűrűket hasznosítja kétállapotú elemek formájában; minden egyes bináris jegynek egy-egy ferritgyűrű felel meg. Minthogy a jelenlegi gépeknél az átlagos memória-kapacitás kb. 2—4000 tízjegyű decimális szám, mintegy 60—120 ezer bináris számjegy tárolására, tehát ugyanennyi ferritgyűrűre van szükség. Ez a memóriakapacitás azonban már a jelenlegi alkalmazásokhoz is kicsi, még inkább az a később tárgyalandó bonyolultabb feladatok megoldásához.*

### 3.3 *A technológiai fejlesztés perspektívái*

#### 3.31 *A számológépek és az agyvelő közötti analógia*

A mikrokomponensek feltétlen szükségességét legjobban akkor értjük meg, ha a számológépet az emberi agyvelővel hasonlítjuk össze. Ezzel az analógiával ugyan sokan és sokszor visszaéltek; ha azonban megfelelő óvatossággal használjuk fel, rendkívül hasznosnak bizonyul. A kibernetika műszaki szempontból az első tudatos és módszeres kísérlet arra, hogy az élő szervezeteken megfigyelhető konstrukciós és organizációs elveket a konkrét műszaki gyakorlatban hasznosítsuk.

Kétségtelen, hogy az emberi agyvelő nem kis mértékben azért is tudja a maga rendkívül bonyolult funkcióit ellátni, mert elegendő nagy számban rendelkezik a szükséges kapcsolóelemekkel, .ti. a neuronokkal, ahhoz, hogy a szükséges kombinációkat megvalósíthassa. A neuronok a szinapszisokon keresztül kapcsolódnak egymáshoz, a neuronok által keltett villamos impulzusok kombinálása és irányítása a különböző neuronok felé a szinapszisokban történik.

A számológép terminológiájában ezt a következőképpen lehet megfogalmazni: a természet a szinapszisokban a logikai műveleteket és ezek kombinációit instrumentálja, a tulajdonképpeni neuronok a neuronális impulzusok erősítésére, illetve regenerálására szolgálnak. A szinapszis + neuron (ebben a sorrendben) tulajdonképpen egyetlen egységet alkot: a különböző helyekről beérkező impulzusok logikailag kombinálódnak, majd az eredő impulzus a neuronban történő regenerálás után további szinapszisok felé ágazik el.

*Rendkívül figyelemre méltó, hogy a számológépek konstrukciós elvei öntudatlanul is ebben az irányban fejlődnek.* A jelenlegi konstrukciókban a gépet szabványosított egységpanelekból rakják össze. Az egységpanelek bemenő oldalán germániumdiódákból kiképzett logikai áramkörök vannak, amelyek a logikai konjunkció, diszkonjunkció és negáció kombinációi. Ez felel meg a szinapszisnak. Ezekhez csatlakozik a tulajdonképpeni kapcsoló-elem, a jelenlegi kiviteli formában egy elektroncső, melynek egyetlen feladata a logikai áramkörökben keletkező eredő-impulzusok regenerálása és továbbítása a többi egységpanelek felé. Ez felel meg magának a neuronnak. A logikai egységpanelek analógiája a szinapszis + neuronból álló egységgel kézenfekvő.

### 3.3.2 Kémiai módszerek alkalmazásának lehetősége

Világos tehát, hogyha a digitális számológépeket a jelenleginél bonyolultabb feladatok megoldására is alkalmassá akarjuk tenni — és erre legalább is *logikailag* megvan a lehetőség — egyrészt lényegesen növelni kell az egységpanelek számát, másrészt pedig javítani kell az egységpanelek *organizációját*. A jelenlegi szerkezeti elemek méretei és energiaszükséglete azonban az egységpanelek számának bármiféle, valóban jelentékeny növelését — ha gyakorlatilag kezelhető keretek között akarunk maradni — egyszerűen lehetetlenné teszik. A tranzistorok és ferritgyűrűk alkalmazása a nyomtatott áramkörök technológiájával kombinálva a jelenlegiekhez képest ugyan a lineáris méreteknek egy teljes nagyságrenddel való csökkentését teszik lehetővé, de az így kialakítható logikai egységek még mindig távol vannak a valódi mikrokomponensektől; méreteik még mindig legalább két nagyságrenddel nagyobbak, mint azoké a szerkezeti elemeké, amelyeket a természet az agyvelőben használ.

Minden jel arra utal, hogy a digitális számológépek szerkezeti elemeinek lineáris méreteit (legalábbis a jelenlegi technológiával) nem lehet lényegesen csökkenteni; a szerelés már a jelenlegi o-betű nagyságú ferritgyűrűknél is kényelmetlen és drága. Ha valódi mikrokomponensekhez akarunk eljutni, a jelenlegi gyártástechnológiát radikálisan meg kell változtatni. A szerkezeti elemek gyártási technológiáját jelenleg — a tranzistorok kivételével — túlnyomó részben *fizikai módszerek* alkalmazása jellemzi. A megoldást minden valószínűség szerint a *kémiai módszerek* alkalmazása fogja jelenteni. A félvezetők már egy lépés ebben az irányban. Ezek révén a valódi mikrokomponensek előállítását és az olcsó gyártási technológiát egyszerre lehet megvalósítani. Ez a módszer még teljesen feltáratlan; használhatóságát és jelentőségét semmi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy — a természet is ezt a technológiát használja az agyvelő konstrukciójánál.

### 3.33 Példák

A lehetséges módszerek és a felhasználható effektusok száma szinte korlátlan. A sokfajta lehetőség közül példaképpen csak kettőt akarunk megemlíteni:

Már említettük, hogy a félvezetőknel a vezetőképesség vezérelhető megváltozását hasznosítják; a tulajdonképpeni alapeffektus az, hogy a félvezetőben mobil töltéshordozók vannak jelen, amelyeket az előzőleg legkínosabban megtisztított alapanyagba mesterséges szennyezéssel visznek bele. Éppen az alapanyag gondos tisztítása és az utólagos szennyezés az, ami a technológiát rendkívül kényessé és drágává teszi. Mármost mobilis töltéshordozók nemcsak tiszta fémekben, hanem vegyületekben is felléphetnek. Éppen ezért kézenfekvő az a gondolat, hogy olyan *vegyületeket* (és ne csak *ötvezeteket*) állítsunk elő, amelyek eléggé mobilis töltéshordozókkal rendelkeznek. Tiszta vegyületek szintetizálása sokkal egyszerűbb technológiát jelent, mint a fémek előzetes megtisztítása és az utólagos, rendkívül kis százaléku és amellet pontosan betartandó ötvözés. Szóbeli diszkussziók során a kémikus szakemberek sokféle lehetőségre rámutattak; figyelmet érdemel DÉNES PÉTER elgondolása szerves kristályok felhasználását illetően.

A másik lehetőségre maga a természet ad példát: ez a reverzibilis kémiai reakciók alkalmazása kapcsolóelemekben. Ismeretes, hogy a neuronban a beérkező impulzus hatására reverzibilis kémiai reakciók mennek végbe, amelyek végén ismét elektromos impulzus keletkezik. A részletek még mindig nincsenek teljes mértékben tisztázva, de ismeretesek más, anorganikus reakciók, amelyek reverzibilisek és amelyek például tárolás, tehát memória-célokra legalábbis elméletileg felhasználhatók. Ilyenek pl. a különböző akkumulátorokban végbemenő reakciók. A kémikusok, biokémikusok és híradástechnikusok együttműködése ezen a területen rendkívül fontos, gyakorlatilag is hasznos új eredményekre vezethet.

3.34 *A kémiai módszerek alkalmazásának következményei.* A kémiai módszerek alkalmazásával — ha megvalósul — a digitális számológépek fejlődése kétségtelenül fordulóponthoz fog érni. Egyrészt lehetővé fogják tenni, hogy az élő szervezet mintájára valóban olcsó mikrokomponenseket állítsunk elő. Ennek döntő fontossága van olyan feladatok megoldásánál, amelyek extrém nagy memóriakapacitást kívánnak meg. Másrészt azonban *a kémiai reakciókat inherens módon lássuk*, legalábbis a jelenleg szokásos sebességekhez viszonyítva. Ami még ennél is fontosabb: *fokozott mértékben lépnek fel az elhasználódásnak és a fáradásnak az élő szervezeteknél megszokott jelenségei.* Igaz, hogy az élő szervezethez képest van egy döntő eltérés: a mesterségesen előállított szerkezeti egységeket meghibásodás esetén egyszerűen ki lehet cse-

rélni vagy regenerálni, ami bizonyos mértékig kompenzálja az élő szervezet spontán regeneráló készségét. A hibás működés ellen, mint NEUMANN JÁNOS egy rendkívül figyelemre méltó dolgozatában kimutatta, lényegében véve logikai, organizációs eszközökkel lehet védekezni, mégpedig az ún. többségi elv alkalmazásával. Lényegében arról van szó, hogy a fontosabb szerkezeti elemeket elegendő számban multiplikáljuk; a gép automatikusan azt az eredményt fogadja el helyesnek, amelyek a multiplikált egységek nagyobb részében megegyezők. A legegyszerűbb eset pl. három közül két egyezés.

A részletes diszkusszió ez alkalommal nem lehetséges; meg kell elégednünk annak a megállapításával, hogy az egymásnak ellentmondó követelmények és lehetőségek miatt nyilvánvalóan kompromisszumokra lesz szükség, amelyeket végső soron azok a feladatok fognak megszabni, amelyekre a gépet építik. A legvalószínűbb, hogy a kémiai eszközöket a nagy kapacitású tárolóegységeknél fogják elsősorban alkalmazni, ahol a kisebb működési sebességet megfelelő organizáció alkalmazásával kompenzálni lehet.

#### 4. A szerkezeti elemek organizációjának kérdései

##### 4.1 A struktúra logikai problémái

Ha a már említett egységpanelek mint elemi szerkezeti egységek adva vannak, a feladat arra redukálódik, hogyan kell ezeket úgy organizálni, hogy valamely adott művelet, pl. az összeadás vagy szorzás minimális idő alatt és minimális számú szerkezeti elemmel elvégezhető legyen. Ezek a gép logikai struktúrájának a kérdései.

Az itt felmerülő problémák a matematikai logika kérdéseitől abban a lényeges pontban különböznek, hogy nemcsak térbeli állapotokról, hanem *állapotok térbeli és időbeli elrendezéséről* van szó. Másként kifejezve: nemcsak az a körülmény fontos, hogy az egyes logikai változók a kétféle lehetséges érték közül melyiket veszik fel, tehát milyen *térbeli* kombinációk fordulnak elő, hanem döntő fontosságú az is, hogy ezeket az értékeket *milyen időpontban, milyen egymásutánban* veszik fel. Az itt felmerült bonyolult problémák a matematikai logika egy új ágának, az ún. szekvenciális logikának a kifejlődéséhez vezettek. A részletek kifejtése sajnos túlságosan messzire vezetne.

A struktúra logikai problémái, vagyis az egyes műveletek optimális instrumentálása azonban a teljes problémának csak egy része. Az egész probléma ennél általánosabb és a következő két kérdéscsoportra oszlik:

- milyen műveletekre van szükség valamely *adott probléma* megoldásához,
- milyen problémákat lehet a gép szerkezeti elemeiben instrumentált *adott műveletekkel* elvégezni.



#### 4.2 A memóriaorganizáció kérdései

Az első kérdéscsoport reprezentatív problémája a memóriaorganizáció. A digitális számológépekkel általában kétféle problémát lehet feldolgozni:

- az első típust *kevés adat, de bonyolult program* jellemzi. Ilyenek például az elméleti fizikában fellépő differenciálegyenletek;
- a második problémát rendkívül *nagyszámú adat* és viszonylag *egyszerű program* jellemzi. Ilyen pl. a nagyüzemi bérszámfejtés vagy magasabb szinten a népgazdasági tervezés.

Mindkét esetben felmerül a memóriakapacitás kérdése. Az első esetben elsősorban a programot, a második esetben pedig a nagyszámú feldolgozandó adatot és az eredményeket kell tárolni.

A jelenlegi gyorsmemóriák kapacitása néhány ezer tízjegyű szám. A megoldásnál közönséges magnetofont használnak; az oda-vissza való pörgetés azonban nehézkes és az adatok beviteléhez ill. kivételéhez szükséges várakozási idő hosszú. Az organizáció szempontjából ez utóbbi a legfontosabb, mert megnehezíti a gép egyébként gyors működésének racionális kihasználását. A *várakozási idő azonban organizációs eszközökkel csökkenthető*, pl. úgy, hogy a memóriát két vagy több lépcsőre osztják. A gyorsműködésű, de kis kapacitású és a nagy kapacitású, de hosszú várakozási idejű memóriaegység közé viszonylag kis kapacitású, közepes gyorsaságú memóriaként beiktatják a *mágneses dobot*, mely a kettő között mintegy áttételként szerepel. A részletek ismereteseek. Amire ebben az összefüggésben még rá kell mutatni, az a *kibernetikus analógia*: a konstruktőrök ezen a ponton is öntudatlanul az emberi emlékezést utánozták, amelynél a gyakran használt adatok azonnal rendelkezésre állanak, viszont annak a felidézéséhez, amit ritkán használunk, érezhetően hosszú időre van szükség.

#### 4.21 Szelektív emlékezés

A számológép és az ember memóriája között azonban van egy lényeges különbség: a programozásnál a memóriában minden adatnak a helyét *előre pontosan meg kell határozni*, és a memóriába való bevitelre, illetve az onnan történő kivételre a gépet külön-külön *utasítani kell*. Ezzel szemben az emberi memóriánál — megint a számológép terminológiájában kifejezve — láthatóan nemcsak az adatok tárolása történik automatikusan, hanem ugyanakkor annak a memóriapozíciónak a tárolása is, ahová az adatokat az emlékezés elraktározta. Ez a két körülmény kombinálva az emberi agyvelőben minden jel szerint meglevő keresési (scanning) mechanizmussal, lehetővé teszi a szelektív visszaemlékezés folyamatának teljesen automatikus lefolyását, valószínűleg többlépcsős asszociális mechanizmusok segítségével.

A most elmondottak szabják meg a memóriaorganizáció fejlődési irányát. Egyrészt a jelenlegi nehézkes keresési—utasítás-rendszer helyett szükség van egy *ténylegesen kereső művelet* (scanning) instrumentálására; másrészt meg kell oldani az adatok *asszociatív ismérévének* az adatokkal együtt való tárolását is. A memóriába való automatikus bevétel egyszerűen megoldható, de az automatikus kivétel még nincs megoldva. *Ez viszont a jelenlegi nehézkes programozási technika alapvető megváltoztatását követeli meg.* Egyik sem könnyű, de feltétlenül megoldandó feladat.

### 4.3 A működés logikai problémái

#### 4.31 A program mint algoritmus

Mint említettük, a gép tényleges működését a program határozza meg. A program: utasítások sorozata, effektív eljárás, amely megszabja, hogy a gépben instrumentált műveleteket milyen sorrendben kell alkalmazni. A program tehát nem más, mint *általános algoritmus*. Ha attól a gyakorlati korláttól, amit a véges memóriakapacitás jelent, elvileg eltekintünk, az előbbiekből következik, hogy *a gép minden olyan feladatot meg tud oldani, amelynek algoritmus a gépben instrumentált elemi műveletek véges hosszúságú kombinációjával előállítható, más szóval: amit egyértelmű szabályokba lehet foglalni.* A működés logikai problémája tehát oda redukálódik, hogy milyen problémákat tudunk szabályokba foglalni, milyen feladatok algoritmusát tudjuk az adott műveletekkel előállítani. A digitális számológépek elmélete ezen a ponton ismét érintkezik a matematikai logikával, nevezetesen a kiszámítható számok, a TURING-féle gépek és az általános rekurzív függvények elméletével.

#### 4.32 A probléma általánosítása

A digitális gépek impulzuskombinációkkal dolgoznak. *Ezek interpretációja azonban önkényes:* már a jelenlegi gépeknél is részben számokat, részben pedig utasításokat jelentenek, amelyek között a gép önmagától természetesen nem tud különbséget tenni. Az impulzusok tényleges felhasználásánál jelenleg egy sor olyan — a felhasználás által megszabott — korlátozás érvényesül, amely sem logikailag, sem pedig műszakilag nem szükségszerű: — a kiinduló adatokat nemcsak a perforált szalagról, hanem alkalmas műszer útján közvetlenül a szó általános értelmében vett „külső környezetből“ is lehet származtatni. Ebben az esetben azonban az adatok már nemcsak számokat vagy utasításokat, hanem tetszőleges kémiai vagy fizikai mennyiséget reprezentálhatnak. Az ehhez szükséges műszerek, valamint az analóg-digitális és inverz átalakítás technikája már rendelkezésre áll;

- az utasítások mechanikai mozgást jelenleg csak a kimenő író-szerkezetnél vezérelnek. Ez a korlátozás nem szükségszerű; az impulzuskombinációk felhasználhatók bármely más mechanikai mozgás, pl. szerszámgépek vezérlésére is;
- a műveleti utasítások nem szükségképpen aritmetikai műveletet kell hogy jelentsenek. Jelenthetnek bármely más szabályt is, pl. logikai műveleteket, grammatikai szabályokat vagy technológiai utasításokat is; végül
- a program előzetes összeállítása sem feltétlen logikai szükségesség. A gép diszkriminációs képességénél fogva módosítani tudja saját programját is azáltal, hogy nemcsak a számokon, hanem az utasításokat reprezentáló impulzus-kombinációkon is transzformációkat, pl. aritmetikai műveleteket hajt végre. Ezt a programozás egyszerűsítése és automatizálása érdekében jelenleg is kiterjedten hasznosítják. Így elvileg lehetséges az is, hogy a gép a külső környezetből kapott képletesen szólva ingerek (impulzus-kombinációk) hatására a memóriában tárolt program megfelelő részeinek automatikus végrehajtásával reagáljon.

## 5. Alkalmazások

### 5.1 Automatikus programozás

A felhasználás megkönnyítését legjobban az automatikus programozás szolgálja.

A jelenlegi technika a következő: az egyes gyakran előforduló műveletek (mint pl. négyzetgyökvonás,  $\sin x$  kiszámítása adott helyen) programját előre kidolgozzák, az argumentum helyét üresen hagyják és mint ún. szubrutint, tehát részprogramot, egyszer és mindenkorra elhelyezik a gép nagy kapacitású, de lassú memóriájába. Az egész részprogram egyetlen vezérszámot kap, ami logikailag a GÖDEL-számnak felel meg. Ha mármost a számítások során pl.  $\sin x$  értékére van szükség, a gép a megfelelő vezérszám alapján az egész szubrutint átviszi a lassú memóriából a gyors memóriába, az argumentum üres helyeire behelyettesíti a megfelelő értékeket, kiszámítja a szükséges értéket (végrehajtja a szubrutint), az eredményt elraktározza az előre kijelölt memóriapozícióba, majd visszatér a főműveletsorozatra. A gép tehát képletesen szólva egyetlen utasításhoz egy egész módszert asszociál.

Ha az ilyen részprogramok elegendő nagy számban előre ki vannak dolgozva (az angliai cambridge-i egyetem szubrutin „könyvtára“ már 156

szubrutinból áll), a gép a megfelelő utasítások alapján az egyes részprogramokat kompilálni tudja, tehát végső soron maga állítja össze a saját programját.

A szubrutin módszer lényegében véve mechanikus eljárás. A fejlődés tulajdonképpen újja logikai, és az algoritmusok elméletére kell támaszkodnia. Itt fel lehet használni a gépnek azt a képességét, hogy nemcsak a számokon, hanem az utasításokat jelentő impulzuskombinációkon is aritmetikai műveleteket tud végrehajtani. Ilyen módon el lehet érni, hogy valamely műveleti utasítást alkalmas rekurziós formulával az őt megelőző egy vagy több utasításból származtassunk, másként szólva: egyik utasítás a másikat generálja. Lényegében véve tehát arról van szó, hogy *ki kell dolgozni a szabályok kidolgozásainak szabályait*. A feladat még részleteiben nincs megoldva, de világszerte intenzív kutatások folynak.

### 5.2 A flexibilitás növelése

Említettük, hogy a gépben felhasznált impulzuskombinációk értelmezése önkényes, és hogy az utasításokat nemcsak egyetlen művelet, hanem egy egész műveletsor, végső fokon tehát a módszer kiváltására is fel lehet használni.

Ezen a területen is már egy sor fontos eredményről lehet beszámolni. Ismeretes, hogy a számológépeket eredményesen használják fel idegen nyelvű szövegek fordítására. Az, hogy a gépi fordítás jelenleg viszonylag lassú, két körülményre vezethető vissza: az egyik a szótár céljaira túlságosan kicsi memóriakapacitás. A másik körülmény, melyet gyakran figyelmen kívül hagyunk, hogy a fordítást nem *fordítógép*, hanem *számológép* végzi. Ez azt jelenti, hogy egyrészt *vannak olyan szerkezeti egységek, melyekre a fordításnál nincsen szükség*, mint pl. az aritmetikai egység. Másrészt a gép *nem tartalmaz olyan műveleteket, amelyekre viszont a fordításnál nagymértékben szükség van*, mint pl. a jó hatásfokú gyors keresés (szótározás). Végül meg kell említeni azt is, hogy a mechanikus fordítás módszertana sincs még kellőképpen kidolgozva.

Másik alkalmazási példa a termelési folyamatok irányítása. A részletek ismertetése túlságosan messzire vezetne; meg kell említeni azonban, hogy az idén márciusban a Szovjetunióban tartott nemzetközi számológépkonferencián részletesen foglalkoztak a számológépeknek a kohászati folyamatok irányításánál történő felhasználásával, az Egyesült Államokban pedig szerszámgépek közvetlen vezérlésével kísérleteznek.

### 5.3 Logikai gépek

Ismeretes, hogy a számológépben lényegében véve logikai műveleteket instrumentálnak. A memória felhasználása azt a perspektívát nyújtja, hogy

a gép nemcsak egyes *ítéletek* igaz vagy nem igaz voltát határozza meg, hanem képes arra is, hogy egész ítélet-sorokat, következtetéseket mechanikusan hajtson végre. A szillogizmus instrumentálásának első kísérlete NEMES TIHAMÉR-től származik. Újabban KALMÁR akadémikusnak vannak rendkívül érdekes eredményei kialakulóban.

A logikai gépek kérdése azonban nemcsak elméletileg, hanem gyakorlatilag is érdekes és fontos. B. V. BOWDEN egy rendkívül érdekes példát hoz arra, hogyan lehet a digitális számológépet tartószerkezetek tervezésénél nem egyszerűen csak arra felhasználni, hogy a szükséges számításokat elvégezze, hanem arra is, hogy adott kiinduló feltételek és követelmények alapján a gép adott módszereket automatikusan alkalmazzon. Reméljük, hogy rövidesen módunk lesz másik publikációban megmutatni, hogyan lehet a digitális számológépeket a műszaki tervezésnél *általában* hasznosítani és konkrétan egy transzformátor tervezésének a példáján bebizonyítani, hogy a gép a felvett adatok, adott körülmények és az ismert, szabályokba foglalható módszerek alapján legalábbis bizonyos szabványos terveket önmagában is el tud készíteni.

Befejezésül még egyszer szeretnénk hangsúlyozni, hogy az *elektronikus digitális számológépek tulajdonképpeni jelentősége* nem elsősorban a numerikus számítások gyors elvégzésében, hanem *abban az új technikában van, amelyet az impulzuskombinációk önkényes értelmezése, az ezeken, illetve ezek segítségével végrehajtható műveletek rendkívüli sokoldalúsága jelent.* Ez teszi lehetővé, hogy ezeket a gépeket — föltéve, hogy a szükséges műveleti szabályokat meg tudjuk adni — az emberi termelő, szervező, tervező és tudományos tevékenység olyan széles területein tudjuk alkalmazni, amelyeknek határait ma még korántsem tudjuk áttekinteni.

## HOZZÁSZÓLÁSOK

EGERVÁRY JENŐ elnök

T. Hallgatóság! Az a tény, hogy ezt az előadást az Akadémiának két osztálya tűzte programjára, nyilván már előre jelezte, hogy a számológépeknek már a jelenben is és különösen a jövőben az elmélet és gyakorlat szempontjából mekkora fontosságot tulajdonít az Akadémia. Azt hiszem ennek a körülménynek betudásával meg kell állapítanunk, hogy az előadó úr az összes szempontokból igen sikerült és bennünket minden vonatkozásban tájékoztató előadást nyújtott, amelyért azt hiszem, mindkét osztály nevében kifejezhetem őszinte köszönetünket. Mindkét osztály reméli, hogy a most elkövetkezendő hozzászólások szintén a legkülönbözőbb szempontokból fogják a kérdést megvilágítani.

Itt pusztán csak azt a technikai kérelmet kell a felszólalókhöz intézнем, miután ilyen szerencsétlen terembe kerültünk ezzel az előadással, ahol dobogó nincs és ilyen zsúfoltságban ül a hallgatóság, amely között jóformán nem is vesszük észre, ki kíván felszólalni —, hogy a felszólalók sziveskedjenek a mikrofonhoz fáradni, nevüket pedig hangosan bemondani, hogy a jegyzőkönyvvezető azt tekintetbe vehesse. Ezek után kérem a jelentkezőket, hogy kezdjék meg a felszólalásokat.

KOZMA LÁSZLÓ

Előljáróban megjegyzem, hogy az előadónak igaza van: az elektroncső számológépek céljaira előnyösebb, mint a jelfogó, de éppen ezért szükségtelen az összehasonlítást túlozni és eltorzítani, ahogyan azt az előadó tette. Mert ha a jelfogó ténylegesen százszor vagy ezerszer rosszabb volna az elektroncsőnél erre a célra, ahogyan TARJÁN elvtárs beállította, akkor fel sem merülhetne a jelfogó ilyen célra való felhasználási lehetőségének a kérdése. Már pedig nemcsak a második világháború előtt, hanem utána is terveztek jelfogós áramköröket tartalmazó számológépeket mind Amerikában, mind Európában. A Bell Laboratórium 4—5 évvel ezelőtt Philadelphiában üzembe helyezett egy teljesen automatikus — lyukasztott szalaggal dolgozó — telefon díjelszámoló berendezést. A gép a beszélgetési költségeket teljesen automatikusan számítja ki a szalagra felvett helyi- és interurbán beszélgetések adataiból, miközben figyelembe veszi a különböző tarifákat és beszélgetési időket. A berendezés a számlákat is automatikusan állítja elő olyan formában, hogy azok továbbíthatók az előfizetőkhez. Ennek a gépi berendezésnek néhány fontos áramköre, így a kalkulátor is tisztán jelfogókból épül fel. Egy-egy ilyen áramkörben 800—1200 db jelfogó van. Minthogy itt díjelszámolásról van szó, természetes, hogy a megbízhatóság elsőrendű szempont volt. Nyilvánvaló, hogy a Bell Laboratóriumnak módjában lenne ilyen áramköröket fűtött csövekből, tranzistorokból vagy más alkalmas elektronikus elemekből felépíteni, ha célszerűnek tartanák.

Tudomásunk van továbbá arról, hogy a háború után, az 50-es években, a jénai optikai művek ugyancsak ilyen — jelfogókból felépített — kalkulátor

áramköröket terveztek. Ezek célgépek, lencsékkel kapcsolatos számítások elvégzése céljából. Jelfogós, hasonló berendezések vannak a svédeknek és az angoloknak is.

Mármost legyen szabad megmondanom, hogy hol túloz TARJÁN elvtárs. Először is a jelfogós kalkulátorban a különböző műveletek folyamán az egyes jelfogók nem mindig működnek, hanem csak egy bizonyos részük. A Müegyetemen most tervezünk egy jelfogós kalkulátort didaktikai és reprezentációs célokra. Az eddig elkészült áramkörök alapján meglehetősen állapítani előre a kb.-i számolási időket. Pl. egy másodfokú egyenlet megoldása 10—20 mp-t fog igénybe venni, amennyiben az egyenletben 8 jegyű decimális számok szerepelnek. Ez idő alatt a jelfogóknak csupán csak egy része működik, a legerősebben igénybe vett jelfogók sem működnek 80—100-nál többször. Ha folyamatos üzemeltetést tételezünk fel napi 8—10 órán át, a legerősebben igénybe vett jelfogók élettartama is 10 000 üzemóra felett van. Ez kb. megfelel a 100 000 000-s működési számnak, ahogy az előadó is állította.

Az elektronikus számológép természetesen ugyanezt a feladatot tized idő alatt tudja megoldani, de a kérdés az, hogy szükséges-e ez a nagy sebesség — legalábbis a mi hazai viszonyaink között. Ismerünk példákat arra, hogy egyes technikai megoldások jóval megelőzték koruk igényeit, így pl. a Virág—Pollák-féle gyorstávíró. Ez olyan gyors működésű volt, hogy nem jött össze annyi távirat, amennyinek közvetítésére képes volt. Kérdés, hogy nem ugyanez-e a helyzet most nálunk is az elektronikus számológépekkel kapcsolatban.

Kétségtelen, hogy az elektronikus kalkulátoroknál bizonyos aránytalanság észlelhető a berendezések ára és az azokat kiszolgáló személyzet költsége között. Tudtommal egy átlagos elektronikus számológép évi amortizációja 80 000 Ft körül van. Ugyanakkor a kiszolgálásához 8—12 személy szükséges: matematikus, aki a programot készíti elő, azután karbantartó műszerészek és üzemeltető személyzet. Ezeknek évi költségét 240 000 Ft-ra lehet becsülni; itt voltaképpen csak a nagyságrend érdekes. Úgy néz ki, hogy maga a kalkulátor csak harmadrész annyiba kerül, mint az azt kiszolgáló személyzet. Ebből logikusan arra lehet következtetni, hogy inkább a kalkulátort kellene drágítani és a kiszolgáló személyzetet csökkenteni. Ez a tendencia megmutatkozik a különböző kalkulátor konstrukciókban, amikor szubrutinokat építenek be. Ezek megdrágítják a kalkulátort, de alkalmazásuk révén csökken és egyszerűsödik a programozás. Érzésem szerint ezt addig kellene folytatni, amíg a személyzet kb. ugyanannyiba kerül, mint maga a kalkulátor.

A számológépek elkerülhetetlenül specializálódni fognak. Nem az univerzális számológépé a jövő, hanem a speciális célú kalkulátoroké. Ezek kétségtelenül egyszerűsödni fognak az univerzális gépek bonyolultságához viszonyítva. Pl. automata gépsorok vezérlésénél nincs szükség elektronikus sebességű működésekre, mert a berendezések nem mikroszekundumok, hanem másodpercek alatt dolgoznak. Különben is a tápláló és az eredményeket leolvasó berendezések sokkal lassabban működnek, mint maguk az elektronikus számológépek.

Úgy vélem, hogy a jelfogós megoldások számára még adódnak lehetőségek ott, ahol a jelfogók élettartam szempontjából kielégítőek. Egyébként egyetértek TARJÁN elvtárral, hogy a jövő számológépében sem jelfogó, sem cső nem lesz, hanem valószínűleg tranzisztor vagy még inkább valamilyen

mágneses erősítő. A tárolás valamennyi számológépben nagy probléma. Az elektronikus berendezések számára valószínűleg a ferrityűrű lesz a megoldás, ahogy az előadó is mondta. Célgépek esetében a tárolás sokkal kisebb probléma, mert rendszerint sokkal kevesebb műveletet kell elvégezni, mint egy univerzális kalkulátorral. Azonkívül a berendezés ezáltal gazdaságosabbá válik.

Végül még egy kérdésem volna a neuronokkal kapcsolatban. Az előadó azt mondta, hogy az emberi agyban 13 milliárd neuron van. Tavaly még csak 1,5 milliárdról olvastam valahol. (Derűtség.) Mindenesetre az összehasonlítás a neuronok és a számológép bináris elemei között meglehetősen torz képet adhat, mert az előadó azt mondta, hogy ha az agyban levő neuronmennyiség szaporodik, ezzel megnövekedik az agy működési képessége is; továbbmenően ebből az következne, hogy akinek nagy agya van, az okosabb, mint a kis agyú ember, holott ez nyilván nem áll fenn. (Derűtség.)

\*

EGERVÁRY JENŐ elnök: Az előadó a hallgatóságtól teszi függővé, egyenként vagy egyesítve válaszoljon-e a hozzászólásokra. Felkiáltások: „Egyenként!”

#### TARJÁN REZSŐ

Sajnálom, hogy amit itt a részletesen kidolgozott és nyomtatásban megjelenő anyagból rövidítve előadtam, a jelfogós és az elektronikus gépek közötti összehasonlítás terén félreértésre adott alkalmat. A jelfogós gépeknek ténylegesen az a sajátos területük, amelyekről KOZMA elvtárs beszélt, mint például a telefonok díjelszámolása stb. Előadásomnak célja a *fejlődés irányának* megvilágítása, ami az irodalomban is élénk vita tárgya.

Az univerzálisan felhasználható gépek jelenleg főként tudományos számításokat végeznek, ahol a számítások olyan méretűek, hogy abszolúte nem mindegy, hogy egy jelfogó, mondjuk, másodpercenként ezerszer húz-e meg — amit a mai jelfogók egyébként még nem tudnak teljesíteni — vagy pedig mikroszekundum tartamú impulzusokkal tudunk-e dolgozni. A meghúzási időt azért emeltem ki, mert a működési sebesség elbírálásánál ez látszott a legmegfelelőbb összehasonlítási alapnak. Abban ugyan igaza van KOZMA elvtársnak, hogy a számológépben nem minden jelfogó dolgozik állandóan, szemben az elektroncsövekkel, amelyek állandóan üzemben vannak, ez azonban *nem* döntő körülmény. A kalkulációnál ezt úgy vettem figyelembe, hogy az összes kerekítéseket a jelfogó javára végeztem el.

A *döntő szempont egy-egy számítási munka elvégzésének a költsége*. Ha azt számítjuk ki, hogy ugyanannak a munkának az elvégzése mibe kerülne a jelfogós, illetve az elektronikus gépekkel, akkor — mint R. K. RICHARDS „Arithmetic Operations in Digital Computers“ c. éppen ma beérkezett könyvében írja — a jelfogó mindenképpen hátrányban van az elektroncsövel, és méginkább azokkal az eszközökkel szemben, amelyek az elektroncsöveket is kiszorítják és amelyek diszkutálása — mondom — az előadás fő tárgya volt.



Speciális célgépek esetén nem vonom kétségbe a jelfogók használhatóságát. A felszólaló a jénai Zeiss-művek jelfogós gépét említette, amelyet kifejezetten sugároptikai számítások elvégzésére készítettek. Hadd tegyem hozzá én, hogy a svéd Táviróigazgatóság *BARK* megjelöléssel kettes számrendszerű gépet épített, amely szintén jelfogókkal dolgozik. Ezenkívül azonban más európai jelfogós számológépről nem tudok. Ezzel szemben a legelső jelfogós számológépet, ti. a *Mark I-et* tavaly már lebontották, mert elavult. Kétségtelen, hogy ez a folyamat még folytatódni fog.

A jelfogós gépeknél éppen a memória megoldása a legnehezebb feladat, és a szűk memóriakapacitás az oka annak, hogy csak speciális célokra alkalmazzák őket. Jelfogós gépeket ugyanis csak ott lehet jól alkalmazni, ahol nincsen szükség nagy memóriakapacitásra. Azoknál a problémáknál viszont, amelyek az automatikus számológépek részére elsősorban figyelembe jönnek, legnagyobb részt olyan problémákról van szó, ahol *igen nagy* memóriakapacitásra van szükség, mint például az, a sajtóban is többször szerepelt 800 lineáris egyenletről álló rendszer, amelyet a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának BESZM jelű közismert nagy gépe nem egészen 20 óra alatt oldott meg.

Ami a napi 8—10 órás üzemidőt illeti, az összehasonlítással nem tudok egyetérteni. A kialakult nemzetközi gyakorlat azt mutatja, hogy az elektronikus gépek napi 24 órán át működnek, 7 napos munkahéttel, vagyis gyakorlatilag megszakítás nélkül. Ebben benne van a preventív karbantartás is, úgyhogy a gép 24 órából ténylegesen kb. 18 órát dolgozik. A gyorsasági igények tekintetében szintén nem értek egyet KOZMA elvtársal. Ha két lehetőség között választhatunk, amelyek közül az egyik gyorsabb, tehát az elvégzett munkák értékét tekintve, nagyságrendileg olcsóbb, világos, hogy az utóbbi, korszerű megoldást kell választani. A működési sebességgel szemben támasztott igényeket egyébként lényegében véve a felhasználás szabja meg. Az, hogy egy számítás eredményét 20 óra vagy 100 óra alatt kapjuk meg — az arány 1:5 — többé-kevésbé önkényes kérdés. A valóságban azonban a működési sebességek aránya — amint azt előadásomban is kimutattam — ennél lényegesen nagyobb. Mint RÉNYI akadémikus egy beszélgetés során említette, a Moszkvában idén márciusban megtartott nemzetközi számológép-konferencián a felhasználók azt követelték a műszakiaktól, hogy a BESZM, amely jelenleg másodpercenként „mindössze“ 7—8000 műveletet tud elvégezni, dolgozzék gyorsabban, mert ez a sebesség még nem kielégítő. (Zárójelben megjegyzem, hogy a gép Európában még így is a leggyorsabb.) Azt kívánták, hogy a berendezés másodpercenként legalább egymillió elemi műveletet végezzen, amire a műszakiak azt válaszolták, hogy a feladat rendkívül nehéz, de megoldható. Hogy egy egészen gyakorlati példát említsek, a bérszámfejtésnél sem mindegy, hogy mennyi ideig dolgozik a gép; így például az IMB 701 jelű gépén egy 8000 főből álló üzem teljes bérszámfejtését 24 perc alatt végzik el, emellett a gép még könyvelési feladatokat és tudományos számításokat is tud végezni. Világos, hogy az ilyen technikai lehetőségeket nem szabad kihasználatlanul hagyni.

Ami a gépek organizációját illeti, a tendencia valóban az, hogy a programozási komplikációkat szubrutinok és a programozás automatizálásának módszereivel lényegében a gépben koncentrálják. A karbantartási probléma

nem olyan jelentős, mint amilyenek látszik. A karbantartási idő a kialakult gyakorlat szerint a teljes üzemidőnek mintegy 20%-a; emellett azonban külön 5%-ot fordítanak a rutinvizsgálatok ellenére is fellépő hibák elhárítására. A karbantartó személyzet például a BESZM-nél két mérnök és 2—3 technikus. A gép már több mint 3 éve dolgozik és az elvégzett munkákkal a beruházási költségeit már régen amortizálta.

Az univerzális vagy célgépek kérdése nem egyértelmű kérdés. A célgépek viszonylag egyszerű feladatokat olcsón oldanak meg, de ha megváltozik a feladat, az egész gépet ki kell cserélni. Az univerzális gép ugyan drágább, ezzel szemben hihetetlenül flexibilis; ha megváltozik a feladat, egyszerűen leveszik a programtekercset, — mint a gramfonlemezt a lemezjátszóról —, újat tesznek fel és a gép ezzel tulajdonképpen egy másik célgéppé alakult át. A programokat legnagyobb részben a gép üzemeltetésének első időszakában kidolgozzák, úgyhogy kb. a második-harmadik üzemévtől kezdve a programozási munka jelentéktelenné válik. Kész gép vétele esetén a gyártó üzem a szubrutinokat úgy, ahogy kidolgozza, ugyanúgy küldi ki, mint például a rádiócső-gyárak az általuk gyártott rádiócsövek adatlapjait. Azt hiszem, ezzel nagyjában megválaszoltam az összes kérdéseket.

#### STRIKER GYÖRGY

Nem kívánok az előadás tudományos részéhez hozzászólni, hanem a most meginduló vitában, mint annak az intézetnek a vezetője, amely jelenleg részben felelős e téma továbbvitéléért, tájékoztatni kívánom a hallgatóságot arról, hogyan állunk ma abban a témakörben, amelyet az előadó érintett, rövid visszapillantást vetek a jelenlegi helyzetben arra, hogyan jutottunk idáig, és mi a következő feladat. Azt hiszem, a mai előadás és vita nem volna teljes, ha a Magyarországon előttünk álló feladatokról nem esnék szó.

Mint az előadó is elmondotta, Magyarországon a matematikai gépek kérdésével hosszú évekkel ezelőtt már többen foglalkoztak. Számosan vannak itt a hallgatóságban olyanok, akiknek komoly érdemeik vannak abban, hogy a matematikai gépek ügyét egyik vagy másik részlet-területen rendelkezésre álló igen szűkös anyagi eszközeinkkel előbbre lehet vinni.

Sajnos, ilyen szerény eszközökkel ezt a kérdést a mai viszonyok és a korszerű méretek között megoldani nem lehet. Ezért az Akadémiai Matematikai Intézet vezetői és mások körülbelül két év óta szorgalmazzák, hogy sokkal nagyobb intenzitással foglalkozzunk ezzel a kérdéssel, találjunk ennek gazdát, otthont, pénzügyi alapot. Ez a kérdés nagyon lassan jutott előre. Kicsiny volt a megértés a kérdés jelentőségével kapcsolatban azokon a helyeken, ahol dönthettek volna. Körülbelül 1954 végén döntött az Akadémia elnöksége úgy, hogy a kérdésnek a Méréstechnikai és Műszerügyi Intézet keretében kíván otthont és gazdát biztosítani. Ezzel a döntéssel legalább a lehetősége megnyílt annak, hogy szervezetiesen meginduljon a munka. Sajnos, kevéssel jutottunk túl az elvi döntésen. A legkülönbözőbb javaslatok, beadványok sokasága sem tudta biztosítani azokat a nagyon szerény anyagi és személyi kereteket, amelyekkel ez a munka érdemlegesen elindulhatott volna.

Időközben a híradástechnikai tanszéken megindult a párhuzamos munka a jelfogós gépek vizsgálatával kapcsolatban, amiről KOZMA elvtárs szolt, és hasonló párhuzamos munka folyik másutt is. Egészséges dolog a kis eszközöket is itt-ott fölhasználni a téma feldolgozásában. Körülbelül egy éve annak, hogy nálunk a Méréstechnikai Intézetben legalább egy laboratóriumot és két-három személyt tudtunk biztosítani arra, hogy elvi síkon tudományos munkatársak és nagyon csekély számú segéderők ezzel a témával foglalkozhassanak. Még mindig nem tudtuk azonban elérni a döntő minőségi változást a szemléletben, amelyet az elmúlt hónapok óta láttunk kialakulni, és amelyet a mostani nagygyűlés már meghozott. Az a tény, hogy a megnyitó előadás vitájában RÉNYI akadémikus, a műszaki osztály beszámolójával kapcsolatban BOGNÁR GÉZA lev. tag és a záróülésen BOGNÁR REZSŐ, az Akadémia főtítkára ilyen súlyt kölcsönzött a témának, jelét adja a változásnak, amely tudományos köreinkben tapasztalható.

Ezért, azt hiszem időszerű megemlíteni, mit tekintünk a következő teendőnek. Elsősorban azt szeretném előadni, hogy az elektronikus, gyorsműködésű számológépek területén a legsürgősebb teendő, RÉNYI akadémikus szovjetunióbeli útjának, az én utamnak és Kalmár akadémikus útjának tapasztalatai alapján a Német Demokratikus Köztársaságban — egy számológép behozatala a Szovjetunióból. Onnan behozható egy közepes nagyságú, nyolcszáz csöves ún. Urál digitálisz gép. Ezzel természetesen koránt sincs minden elintézve. Ennek a gépnek kiszolgálása nagyon jól tájékozott személyzetet igényel. Ennek előkészületeként és folytatásként jelentős csoportnak vagy osztálynak kell ezzel a kérdéssel foglalkoznia és azt megismernie. Ugyancsak szükséges és hasznos, hogy ne csak kész gépet várjunk sült galamb módjára, hanem megismerkedjünk ennek felépítésével, a mágnesdobbal, a memóriaelemek más formáival stb. kísérleti vonalon is, máskülönben nem lesz lehetséges a gép folyamatos üzemeltetése, továbbfejlesztése és a programadatok technikai alá-támasztása.

Ezek tehát az előttünk álló legsürgősebb feladatok. Meg kell indítani az Akadémiai Matematikai Intézetnél a céltudatos munkát a programozás kérdéseivel foglalkozó munkatársak kiképzésére, mert máskülönben támasz nélkül marad a behozandó készülék. Meg kell indítani továbbá valamilyen szemináriumot az Akadémiai Matematikai Intézetnél vagy a Műegyetemen káderek képzésére, akik ezeknek a gépeknek matematikai vagy technikai-matematikai kérdéseivel megismerkednek. A Műszaki Egyetemen vagy másutt célszerű volna e gépek szerkesztésével kapcsolatban külön szemináriumot szervezni, mert ha támaszkodhatunk is a Német Demokratikus Köztársaságra vagy a Szovjetunióra, nekünk számos munkatársat kell ezzel foglalkoztatnunk. Nem helytelen az, ha a kérdéssel több helyen foglalkoznak, ezeknek a munkáknak koordinálása azonban fokozottan szükséges. Meg kell találni az Akadémia harmadik és hatodik osztályának, részben pedig a műszaki területen dolgozó kartársaknak az együttműködését, hogy itt maximális hatékonysággal tudjuk a kérdéseket megoldani.

Az analóg gépek vonalán ajánlatosnak látszik, hogy pl. a Szovjetunióban kidolgozott EMU 5 típusú gépet, amely egyes feladatoknak modell útján való megoldására rendkívül alkalmas — pl. villamoshálózati vagy vegyipari kérdések megoldására — mi magunk megépítsük. TRAPEZNYIKOV akadémikus, a

szovjet szakintézet igazgatója, ehhez kész segítséget nyújtani és az iparra támaszkodva gyorsan tudunk ilyen kérdéseket megoldani.

Döntő változásnak kell végül a külföldi tanulmányutak vonalán bekövetkeznie. Nem elég, hogy KALMÁR akadémikus Drezdában két napig tanulmányokat végzett, RÉNYI akadémikus pedig egy-két hetes konferencián tudott a Szovjet-unióban megismerkedni az ottani intézettel, mert az iparra már nem terjedhetett ki a figyelmük. Itt nagyarányú tanulmányokra van szükség, hogy ezeket a kérdéseket helyszínen tanulmányozzák azok, akik a gépekkel majd dolgoznak és átvegyék a több éves, sőt Leningrádban már több évtizedes tapasztalatokat, amelyek rendelkezésükre állanak. Elhangzott az előadásban is, hogy a mostani nagygyűlés döntő fordulatot mutat az Akadémiának e kérdés értékelésével kapcsolatos magatartás terén. Merem remélni, a további események igazolni fogják, hogy ez a változás nemcsak előadások tartására és a szellemi előkészítésre fog szorítkozni, hanem tényleges operatív lépésekben is meg fog mutatkozni, mert ezzel a kérdéssel nekünk tovább kell foglalkoznunk. Súlyos mulasztása volna tudományos életünknek, sőt ipari fejlődésünknek is, ha ezt elhanyagolnók.

#### KALMÁR LÁSZLÓ

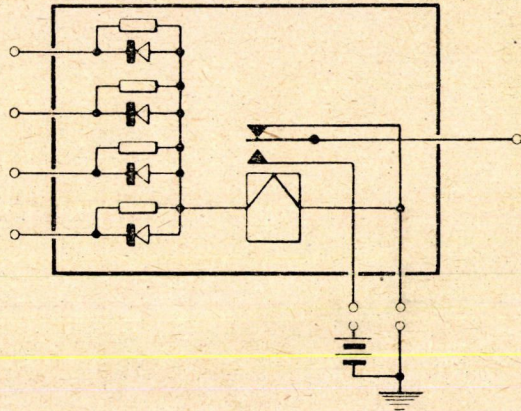
T. Akadémia, kedves Vendégeink! Legyen szabad a műszakiak után — és remélhetőleg még számos műszaki előtt — nekem, mint matematikai logikusnak is hozzászólnom az előadáshoz és az itt felvetődött kérdésekhez.

Mindenekelőtt helyesbítené szeretném azt, amit TARJÁN elvtárs a szegediek munkájáról mondott. Igaz, Szegeden alakult egy kutatócsoport, amely céljából tűzte ki, hogy beletanul a számológépek tervezésének és programozásának a kérdéseibe. Azonban ennek a munkának még az elején vagyunk. Irodalom hiányában — mindössze 600 deviza-forintunk van ez évben az ilyen tárgyú könyvek beszerzésére — nagyon keveset tudunk még tanulni. De ebben van valami jó is. Ugyanis, ha egy matematikus kénytelen aránylag kevés irodalommal a kezében töprengeni valamilyen kérdéstről, természetes, hogy a leg-egyszerűbb problémákat kezdi megoldani az adott kérdés keretében. Így mi is olyan áramkörökkel kezdtünk foglalkozni, amelyekben semmi bonyolult alkatrész nincs, csak huzal és érintkező; de az érintkezőket nem jelfogók működtetik, hanem kézi működésű érintkezőkről van szó, olyanokról, mint pl. egy tumbler kapcsoló — mert a matematikusnak már a jelfogó is túlságosan bonyolult alkatrész. Kiderült, hogy bizonyos műszaki feladatokat, amiket mások jelfogók segítségével oldottak meg, már ilyen primitív eszközökkel is meglehetősen oldani.

Egyetértek STRIKER elvtárral abban, hogy most a legsürgősebb feladat külföldről behozni gyorsműködésű számológépet; sőt egy gép nem is elég, már ma több ilyen gépet tudnánk foglalkoztatni. Azonban arra is sort kell keríteni, hogy mi magunk is építsünk matematikai gépeket, mert csak így tarthatunk lépést az e téren világszerte folytatott kutatásokkal. Mi szegediek ebből a munkából TARJÁN elvtárs tanácsára úgy szeretnők kivenni a részünket, hogy *logikai gépek* építésére profilirozzuk magunkat; reméljük, hogy az eközben szerzendő tapasztalatainkat fel lehet majd használni számológépek építése során is.

Első lépésként azt tervezzük, hogy megépítünk egy az ún. Ferranti-féle logikai géphez hasonló szerkezetet. Ez a gép arra szolgál, hogy valamely adott ítéletről, amely egyszerűbb „alapítéletekből“ az ítéletkalkulus (Aussagenkalkül) műveletei segítségével van összetéve, megállapítsa, hogy az alapítéletek igaz vagy hamis voltának mely variációjánál lesz igaz. Evégett minden egyes logikai műveletet egy „műveleti doboz“ segítségével instrumentál. Vegyük szemügyre pl. a konjunkció nevű logikai műveletet. Ezt egy vagy több ítéleten lehet végrehajtani; a művelet eredménye akkor, és csak akkor igaz, ha a műveletben szereplő ítéletek mindegyike igaz. Ezt a műveletet a Ferranti-gép az 1. ábrán látható „konjunkciós-doboz“ segítségével instrumentálja. A

bemenő pólusok — egyszerűség kedvéért csak négyzetet rajzoltam — a konjunkciós tagoknak felelnek meg; azt, hogy egy tag igaz, az jelzi, hogy a megfelelő pólus feszültség alatt van, azt, hogy hamis, a megfelelő pólus földelése. Ha a négy bemenő közül csak egy is földelve van (a megfelelő ítélet hamis), akkor a jelfogó tekercs mindkét vége földet kap (az egyik közvetlenül, a másik a megfelelő egyenirányítón át), tehát a jelfogó érintkezője alapállásban van és így a kimenő pólust földeli, annak megfelelően, hogy a konjunkció ekkor hamis. Ha azonban mind a négy bemenő



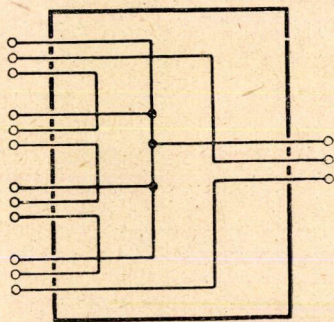
1. ábra

feszültséget kap (azaz mind a négy ítélet igaz), vagy egyesek nincsenek bekapcsolva, de amelyik be van kapcsolva feszültség alatt van (amely esetben a be nem kapcsolt bemenők a shunt-ellenállásokon keresztül kapnak feszültséget), akkor a jelfogótekercs egyik vége feszültséget kap, a jelfogó működik és záróérintkezője feszültséget ad a kimenő pólusra is, annak megfelelően, hogy a konjunkció akkor igaz.

Itt tehát egy-egy ítélet „logikai értékét“, azaz igaz vagy hamis voltát a megfelelő pólus *feszültségi állapotával* instrumentálják: a hamis logikai értéknek a földelés, az igaznak a (pozitív) feszültség felel meg. Mi Szegeden egészen másképp instrumentáltuk a logikai értékeket: az „igaz“-nak az felelt meg, hogy egy tumbler kapcsoló zárva van, a „hamis“-nak az, hogy nyitva van. Így azonban megakadtunk a negáció nevű logikai művelet instrumentálásánál, amelynek értéke igaz, ha a negált ítélet hamis, különben hamis az értéke. Ezen ügy segítettünk, hogy kiveztettük a kapcsoló mozgó rugóinak azt a helyzetét is, amelyben a kapcsoló nyitva van, úgy hogy ekkor egy mellékáramkört zárt. Vagyis mi a logikai értékeket egy váltóérintkező *vezetési állapotával* instrumentáltuk: az igaz logikai értéknek azt feleltettük meg, hogy a mozgó rugó a főáramkört zárja, vagyis az alsó érintkezőrugóval van vezető-összeköttetésben, a hamisnak azt, hogy a mellékáramkört zárja, vagyis a felső érintkezőrugóval van vezető kapcsolatban. A konjunkció instrumentálásának

problémája ez esetben a következő. Adva van pl. négy bemenő pólushármas, amelyek középső pólusa vagy az alsóval, vagy a felsővel van vezető összeköttetésben (vagy közvetlenül egy váltóérintkezős kapcsoló segítségével vagy előző műveleti dobozokon át). Előállítandó egy további kimenő pólushármas, amelynek középső pólusa akkor, és csak akkor van vezető összeköttetésben az alsóval, ha mind a négy bemenő pólushármas középső pólusa az alsóval van vezető összeköttetésben; ellenkező esetben a kimenő pólushármas középső pólusa a felsővel legyen vezető összeköttetésben. Ez megoldható a 2. ábrán látható kizárólag huzalozást tartalmazó doboz segítségével.

Hasonló „huzalos dobozzal“ instrumentálható a logikai művelet is. Felmerül azonban egy nehézség. A matematikus, ha azt akarja, hogy egy kép-



2. ábra

letben több helyen szereplő betű ugyanazt a számot vagy logikai értéket jelentse, egyszerűen ugyanazzal a betűvel jelöli. Műszakilag azonban nem ilyen egyszerű a dolog: azt, hogy két váltóérintkező ugyanolyan állásban legyen, ha nem jelfogóval működtetjük őket, mechanikai összeköttetéssel kell biztosítani. Ez az eset fellép két logikai művelet: az ún. kizáró diszjunkció és az ekvivalencia instrumentálásánál. Célszerű tehát ezeket a műveleteket Ferranti-gép módjára, jelfogós dobozokkal instrumentálni, míg a többi műveletet huzalos dobozzal, így ugyanis jelfogókat, shuntöket stb. megtakaríthatunk. Ez nemcsak azért célszerű, mert a huzal működését könnyebb megérteni, elvégre még a matematikai

logikus is meg tud barátkozni a jelfogóval, hanem mert a huzal olcsóbb és megbízhatóbban működik, mint a jelfogó.

Csak hogy ehhez a logikai értékek kétféle instrumentálási módja között műszakilag meg kell csinálni a „szótárt“. Ez könnyen megoldható feladat. Ha egy pólushármas felső pólusára feszültséget adok, az alsót földelem, akkor a középső pólus feszültségi állapota a pólushármas vezetési állapotának felel meg. Fordítva, egyetlen jelfogó segítségével el lehet érni, hogy egy pólushármas középső pólusa aszerint legyen az alsóval vagy a felsővel vezető összeköttetésben, hogy egy bizonyos pólus feszültség alatt van-e, vagy pedig földelve van, (ti. annak a jelfogótekercsnek egyik vége, amely a pólushármasnál kapcsolatban álló váltóérintkezőt működteti, s amelynek másik vége földelve van.).

Felmerül az a kérdés, nem lehet-e másféle jelfogós áramköröket is „huzalosítani“, azaz huzalos dobozok segítségével megtakarítani belőle jelfogókat. Valószínűnek látszik, hogy ez pl. jelfogós számológépek esetében is lehetséges. Ugyanis bináris működésű számológép esetén a bemenő információsorozat minden tagja két értéket vehet fel (a 0 vagy az 1 értéket), a kimenő információsorozat tagjai szintén, s ezek a bemenő információsorozat tagjainak egyértékű függvényei. Már pedig az olyan függvény, amelynek független változói is két értéket vehetnek fel s értéke is csak kétféle lehet, kimeríti a logikai művelet fogalmát. Más szóval a számológépek is logikai műveleteket végeznek. Valóban sikerült — papiroson olyan bináris összeadót terveztünk

az egyes logikai műveleteknek megfelelő huzalos dobozok segítségével, amely helyértékenként három jelfogót tartalmaz. A jelfogók számát még tudjuk csökkenteni, de nem a helyértékek számával arányosan; úgy látszik megközelítettük az elméleti minimumot.

A logikai értékek — vagy bináris számjegyek — kétféle, feszültségi vagy vezetési állapottal való jelzése közötti transzpozíció elvét valószínűleg lehet alkalmazni az elektronikában is. Ott is hasonló logikai tulajdonságú alkatrészekkel dolgozunk; pl. a váltóérintkezőnek a kettős dióda felel meg.

Az, hogy a logikai gépekre profilírozzuk magunkat, természetesen nem jelenti azt, hogy megállunk a primitív Ferranti-gépnél. Vannak távolabbi terveink is. Pl. olyan gép építése, amely, ha a bemenőjén betáplálunk egy matematikai bizonyítást, meg tudja állapítani, hogy az hibátlan-e vagy nem. Persze, ha akármilyen kis hézag van a bizonyításban, azt már hibának jelzi. Esetleg ilyenkor mód lesz a hézag kitöltésére, s a gép megállapítja, helyesen töltöttük-e ki, vagy van-e további kifogásolnivaló. Tréfásan opponens-gépnek neveztük ezt a gépet. Jól használhatja majd matematikai folyóirat szerkesztő-sége dolgozatok helyességének ellenőrzésére. Ez a gép elvileg megvalósítható, természetesen sok pénzbe kerülne, és megvalósításához súlyos memóriakapacitás-bővítési és redundancia-csökkentési problémákat kell megoldani.

Még távolabbi utópisztikus terv, de talán a jövő században megvalósítható olyan gép szerkesztése, amely, ha bezongorázzuk neki az axiómákat és feladunk egy problémát, „önállóan“ elkezd „gondolkodni“ rajta és — vagy megoldja, vagy nem. Mellesleg az ember is csak erre képes. (Derűlség.) Persze, az lesz ennek a „puddingnak“ a próbája, ha majd először old meg olyan matematikai problémát, amelyet a matematikusok nem tudtak megoldani. Ha még utópia is ez a terv, el lehet kezdeni a kísérleteket egyszerű axiómarendszerek esetén, és a közben felmerülő ötleteket esetleg számológépek szerkesztésénél lehet felhasználni. Természetesen viszont mi is szeretnők átvenni mások tapasztalatait, amelyeket számológépekkel kapcsolatban szereztek.

Néhány megjegyzésem van még az előadás egyes részleteihez. Nem értem miért mondja TARJÁN elvtárs, hogy az analógiás gépeknél a független változók mindig tér vagy időkoordináták. Tudtommal van olyan analógiás gép, amely pl. egy polinom értékeit a Horner-séma szerint számítja ki úgy, hogy a független változót áramintenzitással állítja elő.

Kíváncsún tartanám a terminológia összeegyeztetését. Pl. helyes volna a „logikai művelet“ elnevezése a konjunkcióra stb. fenntartani, nem pedig az olyan műveletekre, mint pl. a helyérték eltolásra — amelyről TARJÁN elvtárs is megmondta, hogy tipikusan aritmetikai művelet — vagy a diszkriminációra, amelyet sok publikáció úgy említ, hogy a gép gondolkodni tud, hiszen dönt, mit csináljon. Itt is aritmetikai műveletről van szó. Pl., ha a gép aszerint hajtja végre az  $n$ -edik lépésben az  $f_{(n)}$ -edik vagy  $g_{(n)}$ -edik utasítást, hogy két előzetesen kiszámított  $h_{(n)}$  és  $k_{(n)}$  függvényérték megegyezik-e vagy sem, akkor a gép tulajdonképpen az  $e_{(n)}$ -edik utasítást hajtja végre, ahol

$$e_{(n)} = \begin{cases} f_{(n)}, & \text{ha } h_{(n)} = k_{(n)} \\ g_{(n)}, & \text{ha } h_{(n)} \neq k_{(n)}. \end{cases}$$

Más szóval a gép azt a műveletet végzi el, amely négy függvényből:  $f$ -ből,

$g$ -ből,  $h$ -ből és  $k$ -ből egy ötödiket csinál, az  $e$  függvényt. Hogy ez is aritmetikai művelet, azt világosan mutatja az

$$e_{(n)} = f_{(n)} (1 - \operatorname{sgn}(h_{(n)} - k_{(n)})) + g_{(n)} \operatorname{sgn}(h_{(n)} - k_{(n)})$$

képlet, hiszen  $\operatorname{sgn} x$  és  $1 - 1$  aritmetikai műveletek. (Ha  $h_{(n)} = k_{(n)}$ , akkor  $h_{(n)} - k_{(n)} = 0$ ,  $\operatorname{sgn}(h_{(n)} - k_{(n)}) = 0$ , tehát  $f_{(n)}$  1-gyel,  $g_{(n)}$  0-val van megszorozva; ha  $h_{(n)} \neq k_{(n)}$ , akkor  $h_{(n)} - k_{(n)} \neq 0$ ,  $(h_{(n)} - k_{(n)}) > 0$ ,  $\operatorname{sgn}(h_{(n)} - k_{(n)}) = 1$ , tehát  $f_{(n)}$  szorzója 0,  $g_{(n)}$ -é 1.)

TARJÁN elvtárs a szekvenciális logika keletkezését azzal indokolja, hogy a közönséges matematikai logika nem alkalmas olyan problémák megoldására, ahol az időfaktoroknak is szerepe van. Ekkor ugyanis nem olyan ítéletekről van szó, amelyek mindig igazak, vagy mindig hamisak, hanem olyanokról, amelyek az egyik időpontban igazak, a másokban hamisak. Gondoljunk pl. egy jelfogóra, amelynek érintkezője saját tekercsének áramkörét bontja, mint pl. a Neff-féle kalapács esetén. Tekintsük azt az ítéletet, hogy a jelfogó tekercsében van áram. Ha ez igaz, akkor a jelfogó működik, az érintkező pont, tehát a jelfogó tekercsében nincs áram, ha pedig hamis, akkor a jelfogó elenged, az érintkező zár, tehát a jelfogó tekercsében van áram. Vagyis az az ítélet, hogy a jelfogó tekercsében van áram, akkor és csak akkor igaz, ha nem igaz, — akár csak a krétai ember által kimondott ítélet, aki azt mondja, hogy „én most hazudok“. Vagyis ha azt az ítéletet, hogy a Neff-féle kalapács jelfogó tekercsében van áram, az időtől független ítéletnek tekintjük, antinómiához jutunk. Ez jó példa arra, hogy a logikai antinómiák is a valóságról mondanak valamit: azt, hogy a valóságot rosszul tükrözik tudatunkban. Jelen esetben azért, mert elhanyagoltuk az időfaktorot, a jelfogó érintkezőjének tehetetlenségét. Ha ezt figyelembe vesszük, nem antinómiához jutunk, hanem ahhoz az eredményhez, hogyha a Neff-kalapács jelfogó tekercsében a  $t$  időpontban van áram, akkor a  $t + \tau$  időpontban nincs, a  $t - 2\tau$  időpontban ismét van stb., ahol  $\tau$  jelenti a jelfogó működésének és elengedésének késleltetését (amelyeket egyszerűség kedvéért egyenlőknek vettünk, az elektronok mozgásának tehetetlenségét pedig elhanyagoltuk.) Ez helyesen tükrözi a valóságot.

Azt azonban nem mondhatjuk, hogy ez esetben a matematikai logika nem alkalmas a probléma megoldására. A matematikai logika ugyanis nem csak állandó logikai értékekkel foglalkozik, hanem olyanokkal is, amelyek függenek egy vagy több független változótól: logikai függvényekkel. A mondott esetben a független változó az idő. Ha  $\tau$  késleltetést választjuk időegységnek és az időt egyszerűség kedvéért kvantáljuk (az idő csak  $\tau$  többszöröse, vagyis csak egész szám lehet), továbbá a  $t = 0$  időpontban zárjuk a Neff-kalapács tekercsét, akkor annak az ítéletnek, hogy a Neff-kalapács tekercsében van áram, a logikai értékét az a logikai függvény adja meg, amely igaz, ha  $t$  páros, hamis, ha  $t$  páratlan. Vagy másik példa: ha a Neff-kalapács bontó-érintkezője helyébe záró-érintkezőt teszünk s ezzel párhuzamosan egy kézi működésű érintkezőt, akkor, ha ez utóbbit egyszer zárjuk, attól kezdve lesz áram a jelfogótekercsben. Vagyis, ha  $f_{(t)}$  annak az ítéletnek a logikai értéke a  $t$  idő függvényében, hogy a kézi érintkező zárva van,  $g_{(t)}$  pedig azé, hogy a jelfogó tekercsében van áram, a  $g$  függvényt az ún. logikai függvénykal-



kulus következő formulája állítja elő:

$$g(t) = \exists u (u \leq t \wedge f(u)),$$

ahol  $\wedge$  a konjunkció jele,  $\exists$  pedig az ekszisztenciális kvantoré ( $\exists(u)$ : „van oly  $u$ , amelyre“). Ez az „önzáró jelfogó“ a legegyszerűbb példája olyan szerkezetnek, amelynek „memóriája“ van: „emlékszik“ rá, volt-e már zárva a kézi érintkező. Felmerül itt az a probléma, a logikai függvénykalkulus mely formuláit lehet hasonló értelemben instrumentálni: Pl. a

$$g(t) = \exists u (u > t \wedge f(u))$$

formuláit biztosan nem lehet: „memóriája“ lehet egy gépnek, de „jóstehetsége“ nem, hogy megérezze, zárva lesz-e a jövőben egy érintkező.

Véleményem szerint a szekvenciális logika nem azért keletkezett, mert a matematikai logika nem alkalmas az időfaktor figyelembevételére, hanem azért, mert a műszaki szakemberek nem ismerték a matematikai logikának azt az ágát, amelyet ilyen problémák esetén alkalmazni lehet: a logikai függvénykalkulust, és ehelyett ad hoc módszereket alkalmaztak. A logikai függvénykalkulus ilyenféle alkalmazását egy helyen láttam csak a szakirodalomban: RASHEWSKI: *Mathematical Biophysics* című könyvében, de ott sem áramkörös, hanem idegvezetési problémákra alkalmazva.

Még két kisebb megjegyzés. A fordítógépek azért működnek lassan, mert ahelyett, hogy a fordításra célgépeket szerkesztettek volna, számológépeket kényszerítettek fordításra. A jövő itt a megfelelő célgépé; természetesen az is csak nyersfordítást fog csinálni, de olyat, amellyel kevesebb baja lesz a lektornak, mint az eleven fordítóval. Fontos kérdés a szótárból való keresés ügyes megoldása. A jelenlegi megoldás, amikor a szótár magnetofon-szalagon van és a gép ezt pörgeti, az emberi szótárforgatás túlságosan mechanikus utánzása. Véleményem szerint jobb megoldás ennél a telefonközpontban használatos választógép; persze nem 10 számjegyes tárcsával, hanem olyanal, amelyen az ABC betűit lehet tárcsázni, és hat számjegy helyett annyi betűt tárcsáz a gép, ahány betűből áll a szó. Persze, a mechanikus tárcsázás helyett elég, ha a megfelelő impulzusokat küldi a vonalra, ez mechanikai tehetetlenség nélkül is megoldható; és külön jelzi a szó végét, ezáltal összeköti a kereső szerkezetet a szótárban a megfelelő szóval (ha ez megvan a szótárban; ha nem, lenyesi a végét stb. mit a jelenlegi megoldásnál).

STRIKER elvtárs felvetette, hogy a mai programozási módhoz túl sok kiszolgáló személyzet kell, ezért a programozást kellene egyszerűsíteni. Ez igaz, van azonban egy másik megoldás is, ha ma még utópiának látszik is, de „a ma utópiája a jövő technikája“. Vannak gépek, melyek a feltételes reflexeket utánozzák, sőt a tanulást is. Pl. van olyan gép, amely „megtanulja“, a tíz számjegy közül melyiket kell jeleznie, ha a találmányra jelzett számjegyre helyesléssel, vagy többé-kevésbé erős helytelenítéssel reagálok aszerint, milyen messze van a jelzendő számjegytől. Ez a gép mintegy „tűz—víz“ játékot játszik. SHANNON leírta, hogyan lehet számológépet úgy programozni, hogy sakkozni tudjon — legfeljebb elveszíti a játszmat, ha erősebb ellenféllel kerül össze. Az ilyen kutatások folytatásaként esetleg el lehet majd érni, hogy a gép ne csak játszani tudjon valamely játékot, hanem „okulni is tudjon a tapasztalataiból“, ha elveszti a játszmat, azaz úgy módosítja a saját program-

ját, hogy legközelebb ugyanilyen ellenjáték esetében ne veszítse el. Hasonlóan az is elképzelhető, hogy a fordítógépnek majd betáplálják a lektorált fordítást, hasonlítsa össze az általa készített fordítással és sziveskedjék úgy módosítani a programját, hogy olyan hibákat, amelyeket csinált többé ne kövessen el. (Derülség). Az ilyen gépet úgy lehetne „megtanítani“ valamely nyelvre, mint az iskolás gyereket: egy primitív kiinduló programhoz házi feladatot kap, amelyek megoldását kijavítjuk, betápláljuk a gépnek, mire az javítja programját, újabb házi feladatot kap stb. Persze ilyen gépnek csak akkor lenne értelme, ha ezen az úton kevesebb fáradsággal meg lehetne „tanítani“ valamilyen nyelvre, mint a kérdéses nyelvről való fordításra programot készíteni. RÉNYI elvtárs látta ilyen programnak dokumentációját, megmondhatja, milyen vastag. mennyi munka fekszik benne. Ha a fenti gép megvalósítása sikerül, annak sem lesz akadálya, hogy a gépet matematikai feladatok megoldására „tanítsuk meg“, általános iskolai feladatokkal kezdve komoly felső matematikai feladatokig. (Derülség). Ennek persze matematikus célgépnek kell lennie. Az sincs kizárva, hogy a gép „megtanult“ bizonyos feladatokat megoldani, meg lehet csapolni a közben kialakult programját, pl. magnetofon szalagra eresztani és akkor másik gépnek betáplálhatjuk ugyanezt a programot. Az volna a nürnbergi tölcsér instrumentálása.

Míndez természetesen a jövő zenéje. Ma az a feladatunk, hogy a rendelkezésünkre álló anyagi erőket optimálisan osszuk meg a különböző irányú kutatások között: kész gépek behozatala, jelfogós, elektronikus, vagy más rendszerű univerzális gépek és célgépek tervezése és építése között. Talán megkönnyíti ezt a feladatot a szegedi kutatócsoport által kezdeményezett „huzalizációs mozgalom“ is, amennyiben lehetővé teszi bizonyos esetben drágább és kényesebb alkatrészek kiküszöbölését és amelyek talán a nyomtatott áramkörök technikájával kapcsolatban is jelentősége lesz.

Elnök: Rényi Alfréd hozzászólása következik

#### RÉNYI ALFRÉD

Remélem, hogy a tények igazolni fogják STRIKER elvtársnak azt a megállapítását, hogy a matematikai gépek kérdésében nálunk az akadémiai nagygyűlés tényleg fordulatot jelent. Sajnos még ma is tapasztalható bizonyos ellenállás a matematikai gépek fejlesztésének ügyével szemben. Hallottam olyan véleményeket, hogy ezeket a gépeket nem fogjuk tudni kihasználni. Ezek az aggályok teljesen alaptalanok. Amikor ma azon gondolkozunk, hogy ha lesz egy matematikai gép az országban, azt mire fogjuk használni, az első pillanatban olyan feladatokra gondolunk, amelyeket ma is elvégez valaki, csak éppen kézi gépeken. Pedig ha lesz végre egy modern gyorsműködésű automatikus számológépünk, az munkaidejének túlnyomó részében olyan számításokat fog végezni, amelyhez ma hozzá sem kezdünk gépek hiányában, hiszen kézi számológépen ezekhez nem érdemes hozzákezdeni, mert mire elkészülnek, már régen aktualitásukat veszítették.

Van azután egy másik aggály, amelyet gyakran hallani, amikor a matematikai gépekre komoly összegeket kérünk, vegyük figyelembe, hogy van a hazai tudománynak egy sereg más igénye, egyéb műszerekre és berendezé-

sekre, amelyekre ebben a pillanatban még nem jut pénz. Erre a válaszom a következő: a matematikai gépek behozatalát és építését nem más műszer rovasára kell keresztülvinni, hanem abból a megtakarításból kell megoldani, amelyeket ezek a gépek a népgazdaság számára hozni fognak. Ezek a megtakarítások nem csekélyek. Viszont fel kell készülniök a matematikusoknak arra, hogy majd mire használják a gépet, fel kell továbbá készülni azzal is, hogy a legkülönbözőbb területeken, ahol a matematikai számítások eredményére szükség van, az ilyen igényeket már most összegyűjtsük.

Ma még az egész számológép-kérdés fejlődésének elején van. Ahogyan TARJÁN REZSŐ rámutatott, most kezd kibontakozni, hogy a következő években a gépépítés technikája hogyan fog átalakulni; átalakulóban van e gépek kihasználásának technikája is. A moszkvai kongresszuson elhangzott egy megjegyzés: ma a számológépeken elsősorban olyan számítási módszereket használnak, amelyeket túlnyomó többségben már előzőleg is használtak kézi számológépeken, a matematikai módszer megválasztása terén eddig nem történt más, mint az, hogy a meglevő és ismert módszerek közül kiválasztották azt, amely a gépen legjobban elvégezhető. Viszont eddig nem igen foglalkoztak új, sajátos módszerek kidolgozásával. Egyike a kevés kivételeknek az úgynevezett Monte Carlo-módszer, amellyel mi is elkezdtünk a Matematikai Kutató Intézetben foglalkozni. A Monte Carlo-módszer lényegében abban áll, hogy valamely numerikus probléma megoldása céljából egy olyan véletlen tömegjelenséget konstruálunk, amelynek törvényszerűségei a megadott matematikai problémára vezetnek, és a sztochasztikus modell realizálása és megfigyelése útján a keresett mennyiségre egy statisztikai becslést nyerhetünk. Az említett sztochasztikus modellt lehet magában a gépben realizálni; erre a célra a gépbe véletlen számtáblázatból megfelelő mennyiségű számot kell betáplálni és programozni, hogy a gép ezekkel a számokkal bizonyos műveleteket végezzon. Ez már tipikusan az elektronikus számológépek számára elgondolt módszer. Meg vagyok győződve arról, hogy idővel sok más új módszer is fognak találni a matematikusok. Helyes volna, ha nálunk is többet foglalkoznánk ezekkel a kérdésekkel. Általában azt hiszem, nem helyes, ha a matematikai gépek elméletének tanulmányozásának megkezdésével várunk addig, amíg az első gép nálunk működni fog, hanem ehhez már most hozzá kell látni. Ez komoly feladatot jelent a matematikusok és a műszaki tudomány kutatói, valamint gyakorlat szakemberei számára.

SZÉKELY-DOBI SÁNDOR

Nem tekinthetek túlzott matematikusultra vissza, hiszen a Műszaki Egyetemet végeztem. Így inkább műszaki vonatkozásban szeretnék néhány szót hozzátenni Kalmár professzor felszólalásához.

A logikai gépekre NEMES TIHAMÉR elvtárs igen értékes előadása hívta fel a figyelmemet s ennek kapcsán elkezdtem tanulmányozni a „logikai piano“-t. Ez áramkörileg elég egyszerűen realizálható jelfogós kapcsolással, szándékom is van ilyen — mielőtt időm engedi — összeállítani. A Beloiannisz gyártól némi biztatást kaptam arra, hogy ezt megvalósíthassam, gondolom KALMÁR professzor és munkatársai is bizalommal fordulhatnak a vállalatához, hogy ki-

sérleteikhez raktáron elfekvő jelfogókat, lámpákat stb. tudjanak beszerezni. Egzakt logikai ismereteink nem nagyok ugyan, de vállalatunknál akad egy-két lelkes, fiatal mérnök, aki szívesen foglalkoznék logikai gépek áramköreivel. A telefonközpontoknál szerzett tapasztalatainkra való tekintettel műszaki vonalon biztosan segítségére tudnánk lenni KALMÁR professzornak és munkatársainak.

KALMÁR professzor joggal kifogásolta TARJÁN elvtárs előadásában az aritmetikai és logikai műveletek közötti különbségtételt. A matematikus ugyanis igen egyszerűen vissza tudja vezetni a logikai műveleteket aritmetikai műveletekre, például úgy, hogy egy függvényt két tag összegeként állít elő, melyek közül az egyiknek együtthatója zérus, a másiké 1. A matematikus ezt könnyen megteheti: egy pillantás a zérus szorzóra s máris tudja, hogy a szóban forgó tag kiesik a számításból. Nem így a számológépnél, mely — adott esetben — effektíve akár 24 nullás számjeggyel végigszorozza a szorzandót s csak így deríti ki, hogy a szorzat zérus. A műszaki szakkifejezéseket tehát nem szabad matematikai precizitással boncolgatni, hiszen mindkét helyen mások az igények.

Nem tipikusan programozási feladat, csak mint könnyen követhető ad hoc példa gyanánt meg kívánom említeni a másodfokú egyenlet megoldásának programozását. Itt a számológép vezérlőegysége két, egymástól lényegesen eltérő program szerint vezérel attól függően, hogy a diszkrimináns negatív, vagy sem. Előző esetben külön kell közölnie a valós, és külön a képzetes részek számszerű értékét, bonyolultabb eredményközlő berendezés esetén az írógép esetleg még a plusz—mínusz előjelek és a képzetes egység nyomtatására is kap utasítást. Nem negatív diszkrimináns esetén a számítás menete eltérő, ebben az esetben a két valós gyököt kell nyomtatni.

A számológépekkel kapcsolatosan matematikusok és műszaki emberek szoros együttműködésére van szükség. A terminológia közös nevezőre hozása azonban meglehetősen nehéz probléma. A matematikai logikában és a műszaki életben máshonnan indult el a szaknyelv. A „plusz—mínusz“, „igaz—nem igaz“, „mehúz—elenged“, vezet—nem vezet“ fogalmak különböző helyekről erednek, ezeket egyértelműen összehangolni szinte lehetetlen. A probléma megoldására előnyösebb útnak látszanék a matematikus és műszaki szakemberek egymáshoz minél közelebb hozása. A Műszaki Egyetem Híradástechnikai Tanszéke éppen erre a célra akarja jelfogós számológépét létrehozni. Tudjuk, hogy a szóban forgó gép nem elégíti ki a korszerű sebességigényeket, viszont ha elektronikus gépet kezdenénk építeni, az a rengeteg tanulmány, amelyet el kell végezni, hogy a gépnek csupán alapelveiről dönthessünk, még hosszú évekig elhúzódhatik. Arra a célra, hogy akár egy matematikus, akár egy műszaki egyetemi hallgatónak elképzelése legyen számológépről: azt hiszem hézagpótló lesz egy — kissé talán kezdetleges, nem túlságosan drága, de az alapelveket mégis igen jól tükröztető — gépnek a megépítése. Aki hallott valamit a matematika elemeiről és a számológépek alapelveiről, majd maga is megtanulhatja, hogyan kell egyszerű műveleteket, ill. műveletsorozatokat a számológépen programozni.

KOZMA professzor vezetésével magam is közreműködöm a szóban forgó gépnek a tervezésében és remélem, minél hamarább fel tudjuk építeni, ha a kellő támogatást megkapjuk. Reméljük, ez a gép hozzá fog járulni a közeli

évek egyetemi hallgatóinak neveléséhez és azoknak a szakembereknek a képzéséhez, akiknek hivatása lesz a jövő elektronikus számológépének üzemben tartása.

KALMÁR LÁSZLÓ válasza

A Beloiannisz-gyár SZÉKELY-DOBI elvtárs által megígért segítségét hála-  
lán köszönöm. Azt hiszem, a diszkriminációval kapcsolatban félreértettük  
egymást. Azt mondtam, hogy nem helyes a diszkriminációt logikai műve-  
letnek nevezni, mert az nem más, mint összetett aritmetikai művelet. A „logi-  
kai művelet“ elnevezést két okból is félrevezető alkalmazni ilyen esetben.  
Egyrészt erre az elnevezésre kétségtelenül szükség van olyan értelemben,  
mint ahogy a matematikai logika használja, másrészt azért félrevezető, mert  
a rossz népszerű publikációk abba szoktak belekapaszkodni, hogy a gép  
gondolkodik, mert logikai műveletet végez, amikor diszkriminál. A diszkrimi-  
nációt összeadásra, kivonásra, szorzásra, előjel és abszolút érték képezésére  
visszavezető képletet azért írtam fel, hogy világos legyen itt nem a gép vala-  
milyen önálló diszkrimináló képességéről van szó, hanem, végeredményben  
aritmetikai műveletről; azt természetesen tudom, hogy a gépben ez a művelet  
másképpen van instrumentálva, nem úgy, hogy ezekre a műveletekre vezetjük  
vissza.

FONÓ ERVIN

TARJÁN elvtárs említést tett arról, hogy egy számológéppel nyolcezer  
munkás bérszámfejtését 24 perc alatt végezték el. Magyarországon jelentős  
munkaerők foglalkoznak bérszámfejtéssel és egyéb, az ipari üzemknél szük-  
séges számítási munkákkal. Magyarország ipari nyersanyagban szegény or-  
szág, ezért ipari termelésünk jelentős részét exportálnunk kell. A világpiacon  
kiváló minőségű gyártmányokat kell elhelyeznünk és azok önköltsége nem  
közömbös, ha versenyképesek akarunk lenni. Termékeink árában jelentős  
összeget képvisel az adminisztrációs költség is. Még sokkal nagyobb veszte-  
séget jelentenek az állásidők, melyek elsősorban az anyagellátás zavarai kö-  
vetkeztében keletkeznek. Vállalatunk kidolgozta az anyag- és bérnormák alap-  
ján történő, tehát a tudományosan megalapozott tervezés módszereit elektro-  
mos kártyalyukasztó-rendszerű gépekkel. Erre az Állami Ellenőrzési Központ  
lapja, az Ellenőrzési Szemle, 1954 decemberében felhívta az illetékesek és a  
minisztertanács figyelmét. Sajnos, ezen a téren nem történt sok előrehaladás.  
A számvitel területéről viszont ma már olyan igények jelentkeznek, amelyek  
messze túlhaladják Magyarország jelenlegi lyukkártya-gépeinek kapacitását.  
Felhívom az Akadémia figyelmét, vizsgálja felül ezt a kérdést, mert tudomá-  
som szerint külföldön, TARJÁN elvtárs által a bérelszámolással kapcsolatban  
említett elektronikus számológépek kapacitásának 90 százaléka egyszerű ipari  
feladatok megoldását szolgálja. A többi a magasabbrendű matematikai munka.  
Ha itt lemaradunk, az egész ipar megsínyli, ezért erre ma már fel kell figyelni.

## KOZMA LÁSZLÓ

Néhány adattal szeretném kiegészíteni az eddig elmondottakat. STRIKER elvárs azzal jött vissza néhány hónappal ezelőtt a Szovjetunióból, hogy ott van egy 1500 fővel dolgozó gyár, amely elektronikus számológépeket állít elő és hogy a dolgozók nagyobb része mérnök és technikus. Az Egyesült Államokban a rádiómérnökök egyesületének több különböző csoportja van, ezeknek egyike az elektronikus számológépekkel foglalkozó mérnökök csoportja. Ennek a csoportnak 1952-ben már 2000 tagja volt. Ezzel szemben nálunk három és fél fő foglalkozik számológépekkel: Tarján elvtárs és segitőtársa Sándor Ferenc az Akadémia keretén belül, továbbá az egyetemen másfél fő, ami voltaképpen nem másfél, hanem három fél fő. Nyilvánvalóan a mi eredményeink a közölt számok arányában fognak alakulni. Ez mutatja, hogy mit várhatunk e területen, ha nem történik valamilyen radikális változás.

Az előadó utalt arra, hogy a célgép csak korlátozott feladatokra alkalmas: én úgy vélem, hogy hengerek vezérlésére pl. jelfogós berendezések igen célszerűen felhasználhatók. Végül még reflektálni szeretnék az előadónak arra a megjegyzésére, hogy a Bell-System automatikus díjelszámoló berendezésében azért használtak jelfogókat, mert azok ott logikusak, lévén telefonközpontokról szó. Ez a beállítás nem helyes, mert a díjelszámoló berendezés 20—25 telefonközpont számára centralizálva van egy külön önálló helyiségben, tehát ott ugyanolyan jól lehetne elektronikus berendezéseket is alkalmazni.

## ÁNGYÁN ANDRÁS

Az egyik ismert pszichológus — LASHLEY — azt mondta: az idegrendszerrel foglalkozó filozófusok és a paranoiások között az a hasonlóság van, hogy mindent arra vonatkoztatnak, ami éppen divatban van: az idegrendszert egykor a telefonközponttal, most pedig a számológéppel hasonlítják össze. Lehet, hogy a hasonlat sántít, azzal azonban tisztában kell lennünk: ma elértünk a tudomány fejlődésének egy olyan fázisához, amelyben a mérnök és a fiziológus legszorosabb együttműködésére van szükség. Ott állunk, hogy aktuálisakká értek a biológus számára is azok a matematikai elvi kérdések, amelyekkel mérnökök foglalkoznak — és viszont. Mik itt a gyakorlati problémák a mérnökök és a matematikusok számára? Vannak fiziológiai és matematikai problémák. Még Amerikában is a fiziológusok, pszichológusok, mérnökök és kibernetikusok konferenciáján felmerültek olyan programok, olyan alapelvek — például a feltételes reflexek törvényeinek részletesebb ismerete — amelyeket azelőtt egyáltalában nem használtak fel, holott ezeket például egy fordítógép „betanításánál” sokkal jobban ki lehetne használni. Ezen az úton akartunk fiziológiai részről megindulni, amikor a Grey Walter-féle modelt akartuk tovább fejleszteni és mindjárt az elején kiderült, hogy nem fiziológiásan oldja meg a tanulást és az egyszerű élettani jelenségeket: a kioltást, a felejtést nem tudja jól reprodukálni. Idegéletani ismeretek birtokában azonban ezt a hiányosságot egyszerű, az agyműködés analógiájára tervezett kapcsolásokkal ki lehet küszöbölni a mérnök és fiziológus szoros együttműködésével.

Szeretném felhívni a figyelmet arra is, hogy igen nagy támogatásra van szükségünk a fiziológiai és idegrendszeri kutatás egyszerű gyakorlati problé-

máinál is mérnökök részéről, tudniillik gyakran rendkívül nehéz egyszerű dolgokat is megszerezni. Előfordult, hogy körülményes úton a Bizományi Áruházon keresztül próbáltunk egy kapcsolószerkezetet megvenni és akkor közlik velünk, hogy pl. éppen a Beloiannisz-gyárban tömérdek ilyen kapcsoló található, amelyhez viszont nem tudunk hozzájutni.

Az ipari fejlődésnek az orvos—biológiai vonalon is igen nagy gazdasági lehetőségei vannak. Az idegrendszert ma már tudjuk televíziós ernyőn is vizsgálni, és elektro-fiziológiai apparátúrára van szükségünk ahhoz, hogy bele-mélyedhessünk az idegrendszeri működés problémáiba. Egy dán fiziológiai laboratórium pl. a háború alatt nem tudott külföldi készülékeket kapni. Erre egy mérnöki csoport a fiziológiai intézetben elkezdett az agyműködés potenciáljait regisztráló készülékeket gyártani. Most ott tartanak, hogy — Németországot kivéve — az egész Európát ők látják el ilyen készülékekkel. Ma a televíziós technika igénybevételével egyszerre lehetne képet kapni az agyműködésről, és az ilyen olcsóbb, új, toposzkópos megoldásoknak óriási kutatási és klinikai jelentősége lenne. Szélesebb ipari megvalósítása azonban még külföldön is késik, pedig tervezése megoldható, kivitelezése pedig nem nehéz vagy drága feladat, hazai viszonylatban megoldható. Ezek az eszközök nélkülözhetetlenek lennének nemcsak a kutatáshoz, de az epilepsziás esetek és az agydaganatok diagnosztizálásához is, Magyarország teljes mértékben ellátatlan, e tekintetben pedig 40 000 epilepsziás van az országban. A külföld pedig biztosan örömmel venné át az ilyen új berendezéseket tőlünk.

Az orvosi kutatás és a technika közötti kapcsolatnak tehát már csak ezért is nagy jelentősége van, mind elméleti, mind gyakorlati síkon szorosabb, intézményesebb együttműködésre van szükségünk.

#### MADARÁSZ BÉLA

Az előadás néhány elvi pontjához szeretnék hozzászólni matematikai szempontból. Tapasztalatom, hogy mérnökeink, akik az elektronikus és digitális számológépekkel óhajtanak foglalkozni, matematikailag nincsenek eléggé felkészülve a feladatra. Olyan alapvető diszciplinákat kellene ismerni, mint például HENSELnek a  $p$ -adikus számokról szóló elmélete, amely nélkülözhetetlen a további fejlődéshez; HENSEL a kongruenciák segítségével építi fel a  $p$ -adikus számtestet és az ezen belüli problémákat, az egyenlőséget magát is kongruenciákkal értelmezi. Ennek alkalmazása a digitális gépek gyors fejlődése szempontjából nem teljesen érdektelen.

A gépsebesség kérdésben KOZMA elvtárrsal érték egyet hazai viszonylatban. A jelenlegi fokon a jelfogós rendszerek tanulmányozására sokkal több lehetőség van. Egyelőre még megfelelő elektroncsöveket sem gyártunk erre a célra, nemhogy tranzistorokat gyártanánk. Az előadó bejelentette igényét oly kalkulusra, mely aritmetikai képletek között is bizonyos algebrai összefüggéseket tud megállapítani, ami a rendszerek programozásának ökonómiáját nagymértékben elősegítené. Itt utalni szeretnék a matematikai logikának a rekurzív függvények keretében tárgyalt Ackermann-féle függvény-sorozatára, amelynek tanulmányozása ezt előreviheti. (Közbeszólás: Túlhaladja a gépeink kapacitását!) Ami az absztrakció kérdését illeti, a matematika szükségképpen

jutott el a múlt század elején egy absztrakt matematikai fejlődés egy magasabb fokára. Gondoljunk ABEL csoportelméletének megalapozására. A csoportelmélet a permutációk tanulmányozásából nőtt ki. Az igényt a magasabbfokú egyenletek bizonyos megoldhatósági problémái támasztották, azonban a permutációkkal, tehát kombinatorikai eszközökkel lehetett ezt a kérdést megoldani. Nem lehetne-e ezt a fejlődést követni a gépesítés terén más úton? Visszanyúlva a permutációk tanulmányozásához, absztrakt matematikai kalkulusok gépesítésére gondolok, és közölhetem, hogy sikerült permutációs szorzógépet előállítanom. Ennek a gépnek programozása bonyolult, úgyhogy konkrét problémákra még nem tudom alkalmazni. Ehhez szükséges lenne a halmazelmélet és relációkalkulus néhány fogalmának és műveletének gépesítése, továbbá oly matematikai logikai bizonyító-egység beépítése, melynek teljesítménye lényegesen meghaladja a Ferranti-gép teljesítményét. Mint most értesültem, KALMÁR akadémikus és munkatársai hasonló problémák megoldásán dolgoznak. Ez olyan út, amelyen el lehet indulni.

Az előadó sűrűn hivatkozott biológiai analógiák felhasználásának előnyeire. Ilyen analógiák reprodukálása kétségtelenül nagyon hálás feladat, azonban pillanatnyilag a matematikai reprodukciót helyezem előtérbe.

TARJÁN REZSŐ válasza

KOZMA elvtársnak részben adós maradtam a válasszal a jelfogós gépek memória-kérdésében. A jelfogós gépeknél a memória rendkívül nehéz kérdés azért, mert azok az eszközök, amelyeket jelenleg memória-célokra felhasználhatunk, a jelfogók működési idejéhez képest túlnyomórészt túlságosan gyorsak, még a leglassúbb memória: a mágneses dob esetében is. Az amerikai jelfogós gépeknél memória-célokra kétféle módszert vettek igénybe: egyrészt a telefonközpontokban szokásos jelfogós regisztereket, amely esetben sokszor fantasztikusan nagyszámú jelfogóra van szükség. Lényegében ez az oka annak, hogy az Egyesült Államokban működő jelenlegi mintegy 4000 digitális számológépből alig néhány jelfogós kivitelű gép van. A másik instrumentálási módszernél a memória-célokra perforált szalagot használnak, amelyre a sokszor több ezer utasításból álló teljes programot belyukasztják. Ez a módszer — eltekintve a szalag sérülékenységtől — azért nem megfelelő, mert a leolvasási idő a jelfogók működési idejéhez képest túlságosan lassú. Ha sikerülni fog a jelfogók üzembiztos működését 5—6 milliszekundumra leszorítani, a jelfogós gépeket lehetséges volna a mágneses dobbal párosítani; ebben az esetben lehetséges, hogy újra tért fognak hódítani. Ami a Bell-féle, számlázási célokra használt számológépet illeti, azt hiszem, tisztán nomenklatúra-különbségről van szó. A felhasználás szempontjából elvileg teljesen irreleváns, hogy a számológép helyileg hol van elhelyezve. Az Egyesült-Államokban a Hudson-folyó bizonyos hidrológiai problémáival kapcsolatban — amelyek megoldására egyetlen digitális számológép nem volt elegendő — megcsinálták azt, hogy a két gépet, amelyek különböző városokban voltak elhelyezve, interurbán vonalak segítségével összekapcsolták. A működés során nem lehetett eldönteni, hogy melyik gép a „master“ és melyik a „slave“, azaz melyik a vezérelt és melyik a vezérlő gép, mert aszerint vette át a vezérlést az egyik vagy másik gép, ahogy a probléma részletei megkívánták.



Hasonló helyzet alakult ki a meteorológiai problémáknál. A prognózis kiszámítását megnehezíti az, hogy a légköri viszonyokat leíró és rendkívül bonyolult, igen sokváltozós differenciálegyenlet-rendszerrel a határfeltételeket nem lehet eléggé egyértelműen megadni, annál az egyszerű oknál fogva, mert az atmoszférában nincsenek egymással nem közlekedő zárt tartományok.

Bizonyos célgépeknél és egyszerű problémáknál valóban elegendő a kis memória. De hangsúlyozni kívánom, hogy vannak olyan problémák, mint például a bérszámfejtés, vagy gépi fordítás, ahol speciális gép kell: a specialitás éppen az extrém nagy memóriakapacitás szükségletében nyilvánul meg. Ez az, ahol én a kémiai és részben organikus módszerektől várok változást.

KALMÁR akadémikus elvtárssal teljes mértékben egyetértek a terminológia kérdésében: azért használtam a szekvenciális logika kifejezést, mert az irodalomban jobb híján ez az elnevezés terjedt el. Természetesen helyes, hogy ha „logikai művelet” kifejezést a tényleges logikai műveletek részére tartjuk fenn.

MADARÁSZ elvtárs utalt arra, hogyha különböző szakmákból jövünk össze, sokszor szótárra van szükség, hogy például a matematikus megértse mondjuk a fiziológust. Kitűnő példa erre az, ahogy Ángyán elvtárssal, aki fiziológus, és akivel a memória kérdésében dolgozunk együtt, hetekre volt szükség ahhoz, míg én a neurofiziológiai, ő pedig a számológép-technikai nomenklatúrát megtanultuk, míg a végén rájöttünk arra, hogy tulajdonképpen ugyanarról beszélünk.

KALMÁR akadémikus és közöttem egy ponton van félreértés. Előadásomban szó szerint pontosan a következőket mondtam: „Olyan fizikai rendszert építünk meg, amelynek kiválasztott paraméterei az idő- vagy térkoordináták függvényében ugyanolyan matematikai összefüggéseknek tesznek eleget, mint a megoldandó probléma”. A függő változó lehet például az áramerősség, amit KALMÁR akadémikus említett. A független változó attól függ, hogy mikor, illetve a megépített rendszer melyik pontján mérünk. Az első esetben a független változó az idő: a mérés ilyenkor *egy ponton, különböző időben történik*. A második esetben a független változó a rendszer valamelyik térkoordinátája: ebben az esetben *a rendszer különböző pontjain egyidejűleg hajtunk végre méréseket*.

FONÓ elvtárs által elmondottakkal teljes mértékben egyetértek. Most van születőben a Minisztertanácsnak az államapparátus egyszerűsítéséről szóló elvi határozatához kapcsolódó részletes végrehajtási utasítás; remélem, hogy ez a hivatali munka gépesítésével is foglalkozni fog. A hivatali adminisztrációban a lyukkártya-rendszerű gépeknek és még inkább a korszerű elektronikus gépek alkalmazásának döntő fontossága van. BOWDEN a „Faster than Thought” c. könyvében megírja, hogy az 1950-es angol népszámlálás azt a megdöbbentő adatot hozta napvilágra, hogy az angol szigetvilág lakosságának több mint 10%-a „fehérgalléros” munkát végez, tehát fehér papírra fekete betűket ró. Nálunk ez az arány kb. hasonló lehet, vagy még rosszabb. Tény, hogy a hivatali adminisztrációban, az ügyviteli munkában hazánkban ma lényegében ugyanazokkal az eszközökkel dolgozunk, mint az 1930-as években: tehát telefonnal, írógéppel, asztali számológépekkel és kismértékben könyvelőgépekkel, holott ugyanez alatt az idő alatt az üzemi termelőmunka termelékenységét a gépesítés és az automatizálás nagyságrendileg növelte. Ezt az ellentmondást meg kell oldanunk.

MADARÁSZ elvtárrsal egyetérték abban, hogy minél többen foglalkozunk ezekkel a gépekkel, annál jobb. Nagyon fontos, hogy a Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken készülő jelfogós gép megvalósuljon, mert ezen is kitűnően lehet sokmindenfélét megtanulni és begyakorolni, sőt, bizonyos egyszerűbb esetekben a gép programozását is.

Nem értek egyet SZÉKELY-DOBI elvtárrsal abban, hogy évtizedekig is elhúzódhatik az a „rengeteg tanulmány“, amelyet el kell végezni ahhoz, hogy akár csak a gépek elvéről is dönthessünk. A digitális számológépek alapelvei már teljes mértékben tisztázottak és az irodalomban precízen megfogalmazott formában rendelkezésre állanak. Ahol döntésre van szükség, az elsősorban a konkrét szerkezeti elemek megválasztása abból a célból, hogy eleve korszerűtlen szerkezeti elemekkel dolgozó gépet ne építsünk. Ezzel a munkával szervezett formában most már közel egy éve foglalkozunk és a mai előadás is az itt felmerült elvi kérdések tisztázásához kíván hozzájárulni.

Nem értek egyet MADARÁSZ elvtárrsal abban, hogy „egyelőre még normális elektroncsöveket sem gyártunk“. Mint annyiszor, most is szidjuk ugyan a saját gyártmányú elektroncsöveinket, viszont amikor annak idején Svájcban egy mikrohullámú berendezés mintapéldányát megkaptuk és felbontottuk, nagy meglepetésünkre túlnyomórészt Budapestről exportált magyar csöveket találtunk benne. A magyar csövek tehát jók. A félvezetők tekintetében már a kísérleti gyártásnál tartunk, és remélem, hogy az egészen közeli jövőben már a tranzistorok gyártása is megindul. E tekintetben hasonlít a helyzet az autópárhoz. A felszabadulás előtt autópáruunk gyakorlatilag nem volt, ma viszont fejlett autópárral rendelkezünk, amely a béketábor országai közötti munkamegosztás alapján jó minőségű teherautókat gyárt. Amikor a teherautógyártáshoz hozzákezdünk, nem 20 évvel ezelőtti modellekkel indultunk, hanem mindjárt a legkorszerűbb gépek gyártásához kezdünk hozzá, hogy lemaradásunkat behozzuk. A lemaradás egyébként előny is, és hátrány is. Maga a lemaradás ténye természetesen feltétlenül hátrány. Ez a helyzet azonban azzal az előnnyel is jár, hogy egy csomó fejlesztési munkát mások végeztek el bizonyos értelemben helyettünk és mi a legfejlettebb típusnál tudunk bekapcsolódni a munkába. Ugyanez a helyzet az elektronikus számológépek szerkezeti elemeit illetően is. Ha a germánium-diódákat és a tranzistorokat, valamint a ferrit-gyűrűket hazai eszközökből meg fogjuk tudni kapni — és ebben semmi kétségem nincsen, — nincsen arra szükség, hogy a számológép építésénél ontogenetikusan megismételjük mindazt, amit a híradástechnikai ipar filogenetikusan végigcsinált; ez magyarul azt jelenti, hogy átugorhatjuk a jelfogós, sőt bizonyos mértékben az elektronikus gépeket is — és közvetlenül a legkorszerűbb szerkezeti elemekre tervezhetünk.

KOZMA elvtárs kérdésére: Ángyán elvtárs, aki fiziológus, igazolhatja, hogy a legújabb adatok szerint az emberi agykéregben ténylegesen  $10^9$  nagyságrendű idegsejt van.

MADARÁSZ elvtárs felvetette a gépek absztraháló képességének kérdését. Ez rendkívül izgalmas és fontos elvi kérdés. Ebben a pillanatban azonban még nem tudjuk pontosan, hogyan emlékezünk, még kevésbé azt, hogyan absztrahálunk. A számológépeink lényegében véve logikai eszközökkel, úgynevezett bináris kifejtéssel dolgoznak. Az emberi agykéreg azonban nem bináris, tehát nem logikai eszközökkel, hanem frekvencia-modulációval dol-

gozik: valamely inger erősségét nem egy bináris szám, hanem a másodpercenként az idegroston végighaladó impulzusok száma reprezentálja. Ennek a módszernek a pontatlansága elég nagy. Ezzel szemben hihetetlenül biztonságos, mert igen nagy redundanciával dolgozik; az élő szervezet részére pedig a biztonságos működés a legfontosabb. Egy példa: ha valamely számot — mondjuk egymilliót — binárisan írunk fel, egyetlen egységnyi tévedés bármely helyértéken az egész eredményt meghamisítja (amint erre elsőnek NEUMANN JÁNOS mutatott rá) és a hiba annál nagyobb, minél magasabb helyértéken történik az egységnyi tévedés. A frekvencia-modulációs módszernél azonban nem *számolásról*, hanem *számlálásról* van szó. Ha ennél a módszernél egyetlen egységgel tévedünk, a hiba mindössze egy milliomod nagyságrendű lesz. A jelenlegi matematikai logika, illetve a klasszikus formális logika lényegében véve a kettes számrendszert tükrözi. A frekvencia-modulációs elvre logikát felépíteni még meg sem kíséreltek. Az absztrakció tekintetében komoly lehetőségeket nyújt az információ-elmélet. Amikor például a kocka, vagy a szék fogalmához kívánunk eljutni, lényegében az történik, hogy a konkrét szék, vagy a konkrét kocka képzeteiből elhagyunk minden egyedi jellemzőt (nagyság, szín stb. stb.), ami marad, az a kockának, vagy a széknek az absztrakt fogalma. Információ-elméleti szempontból az absztrakció minimális redundanciájú kódnak felel meg. Arra azonban e pillanatban nem mernék válaszolni, hogyan lehet ezeket a digitális számológépekben instrumentálni.

Végül megköszönöm az élénk és türelmes vitát, amely — visszatekintve — sokkal érdekesebb volt, mint maga az előadás. (Taps.)