

SZÁMÍTÓGÉP A KÖVETKEZŐ SZÁZ ÉVBEN (Umschau in Wissenschaft und Technik, 1982. 11—12.)

Az utóbbi harminc évben kevés területen láthattunk olyan viharos fejlődést, mint a számítástechnikában. Az egyre kisebb, gyorsabb, nagyobb teljesítményű és olcsóbb készülékek felé haladó fejlődés töretlennek látszik. A számítógépet mind több területen lehet felhasználni, olyanokon is, amelyekről eddig azt hittük, hogy ott csupán az emberi értelem boldogulhat. Nincs messze az az idő, amikor beszélgethetünk a számítógéppel; a gép előreláthatólag reagálni fog a beszédre. Vajon száz év múlva meghaladja-e a számítógép-memória tárolókapacitása az emberi agyét? Ez egyelőre csak elmélkedés tárgya. Az alábbi cikk rövid áttekintést nyújt arról, hogy mi lehetséges, mi kívánatos és mi valószínű a számítógép-technikában.

A táplálkozás és az energiagondok megoldása kétségtelenül az emberiség nagy kihívásai közé tartozik. Mindkét kérdés lényege az, hogy egy kritikus hiányhelyzet ellen nem kell küzdeni. Pontosan ellenkező a helyzet az információval: belőle fölösleg van; „furcsasága”, hogy nem használódik el felhasználás közben, ellenkezőleg: felhasználása még növeli is az értékét. Ha az információt nem használják fel, nem vész el, és nem romlik meg. Nincs olyan természeti törvény, amely korlátozná az embernek azt a képességét, hogy információt vegyen fel. Minél több információ áll rendelkezésünkre, annál többet akarunk belőle. Hogyan lehet az információáradatból az egyes egyének részére szükséges információt kiválasztani? A kulcs természetesen a számítógép, amely egyben információs és kommunikációs gép is. A számítógépipar fejlődése, „a nagyobb teljesítményt olcsóbban” cél érdekében a minél kisebb, gyorsabb és olcsóbb gépek irányába halad. Ezt az irányzatot több folyamat táplálja: a legfontosabb az elektronikus áramkörök minőségi javulása, amely a kapcsolási időt picosecundumokra (ps) rövidítette. Mivel az az idő, amely alatt egy impulzus elér egy áramkörből a másikba, a legerősebb „fék” a számítógép sebességének növelésében, az áram-

köröket egészen sűrűn kell elhelyezni. Képzelnék el, hogy tíz év múlva azt várjuk el a számítógéptől, hogy egy egyszerű, tíz gépi ciklust igénylő műveletet egy nanosec alatt hajtson végre. Ez a számítógép a ma létező leggyorsabbnál ötvenszer gyorsabban dolgozna. Aki egy ilyen számítógépet akar építeni, annak figyelembe kell vennie, hogy egy elektromos jel átvitele nem lehet gyorsabb a fénysebességnél. Hogy az átvitelben a nemkívánatos késéseket elkerüljük, e feltételezett számítógép minden áramkört egy 2,5 cm élhosszúságú kockában kellene elhelyezni. Ez csak különleges technikával, röntgen-, illetve elektronsugarakkal lenne megoldható. A rendkívül gyors kapcsolási sebesség miatt hőt is termelnének, egyenként néhány milliwattot, azaz a miniszámítógép egésze mintegy 1 kW-ot. A ma és a jövő félvezető technikája mellett nagyon nehéz lenne ezt a hőmennyiséget egy ilyen kis kockából úgy elvezetni, hogy az ne károsodjék. Röviden: maguk a fizika törvényei nehezítik meg azt, hogy ilyen kisméretű számítógépet és szilícium félvezetőket elképzelhessünk. A szilíciumtechnika az elmúlt 25 évben jól bevált, és valószínűleg a jövőben is beválik, de megvannak a korlátai. Ezért itt az ideje annak, hogy új technikai lehetőségeket keressünk, amelyekkel meg lehetne gyorsítani a számítógép fejlődését. Néhány ilyen új eljárás már látható közelségbe került (például a Josephson-eljárás, amelyet a Cambridge Egyetem Nobel-díjas tudósáról neveztek el). Az eljárás olyan fém-ötvezeteken alapul, amelyeket 4,2 Kelvin fokra hűtenek le. Ezen a hőmérsékleten sok fém szupravezetővé válik. Ha mint egy szendvicset közel visszük őket egymáshoz, két szomszédos áramforrás mágneses mezeje meghatározhatja, hogy az elektronok áthatolnak-e a közbenső téren. Ha áthatolnak, akkor létrejön a kapcsolás.

Az IMB zürichi és york-towni (New York állam) laboratóriumai már készítették és kipróbálták a Josephson-elv alapján készült számítógép-részegységeket. Az egyes áramkörök 20 ps alatti kapcsolási sebességet értek el. Ez a technika ma még nagy nehézségekkel küzd, de egy napon lehetővé teszi egy nagyon kicsi, nagyon gyors és eleinte

valószínűleg nagyon drága számítógép építését.

Ésszerűnek tűnik, ha a számítógépet a másik nagy információtarolóval, a könyvtárral hasonlítjuk össze. A nagy könyvtárak információtartalmát is egyszerűen át lehet számítani a számítógép bit-nyelvére. A Washingtoni Kongresszusi Könyvtár például mintegy 20 millió könyvet, iratot tárol. Ez körülbelül 9 billió bitnek felel meg. Ezen információmennyiség tárolásához kevesebb, mint 20 IBM 3850-es tárolórendszer elegendő.

Hogy a 2080-as évre előretekintésünk, olyan technológiai prognózisokra kell támaszkodnunk, amelyek nem a science fiction világába tartoznak. Bár a fellogaritmikusk papírral történő előrejelzés eléggé problematikus, más javaslat híján ilyen módszerrel próbálják meg előrejelezni a tárolókapacitás növekedését adott költségek mellett. Több évtizeden át a tárolókapacitás növekedése átlagosan évi 35 százalékos volt. Ha a jövőben ez a növekedés le is lassulna, feltehetjük, hogy ugyanakkora anyagi felhasználás mellett, amellyel ma 20 millió könyvet lehet tárolni egy elektronikus könyvtárban, száz év múlva 15 milliárdot lehet. A könyvtári adatok tárolását az emberi agy tárolókapacitásával összehasonlítani meglehetősen primitívnek tűnik, így minden számotválti előrejelzése ettől a ponttól kezdve nagyon merésznek minősül. Ha az agykapacitást tárolt bitek halmazának tekintjük, akkor abból indulunk ki, hogy minden agysejt, amely információt tud tárolni, egy tárolóegységgel hasonlítható össze. Eddigi ismereteink alapján az agy tárolókapacitása mintegy 10 billió bitnek felel meg. Öt évvel ezelőtt egy ekkora kapacitású számítógép terjedelme 500 m magas hegynek felelt volna meg. 1953 óta a tárolóegységek terjedelme nyolcszázszor kisebb lett, és ugyanilyen sebességgel csökken tovább. Ha a csökkenési évi 21 százalékra kerekítjük, és kivetítjük a következő évszázadra, megállapíthatjuk, hogy a számítógép információsűrűsége meg fogja haladni az emberi agyét.

Például a 64 K-bites morzsa (chip) olyan apró, hogy egy tű fokán is átfér. Számítógépen 1979-től használják. Ez az összehasonlítás természetesen nem egészen helyes, az agy asszociációs képessége ugyanis megnöveli tárolókapacitását. Ha a logikai áramkörök költsége évente 21 százalékkal csökkennék, akkor egy mai fejlettségi szintű számítógép ára valószínűtlenül kicsi lenne. Természetesen ez nem fog bekövetkezni. Valószínűbb, hogy 2080-ban is ugyanolyan árakon adják el a számítógépeket,

mint ma, csak a teljesítményük lesz a mai teljesítmény 15 milliárdszorosa.

Mindent egybevetve, nem lehet azt várni, hogy a félvezető tárolók vagy akár a mágneses buboréktárolók nagysága és költségei a következő évszázadban is olyan gyorsan csökkenjenek, mint az elmúlt évtizedekben. Ha még akkor is félvezetőket használnának, egy tárolócellára csak három atomnyi hely jutna. Mivel ez nagyon kevés, valami újat kell kitalálnunk. Elképzelhető például egy komplex háromdimenziós tárolócella, amely reprodukálni tudná önmagát. Ehhez hasonló modell már létezik: éspedig a dezoxiribonukleinsav, amelynek egy 10 milliárd bitnyi genetikai információ tárolója van. Egy adott dezoxiribonukleinsav-molekulának sajátos vegyi szerkezete van. Még a következő 100 év eltelté előtt minden valószínűség szerint elkészül a DNS-molekula felépítéséhez hasonló biológiai kristály-számítógép. Ez nem jelent mást, mint hogy az agyat újból fel kell találni.

A jövőben még egy reményünk beteljesülhet: az egyénhez alkalmazkodó termelés és az egyénhez alkalmazkodó szolgáltatás. Ez nagy előrehaladást jelentene az indulás éveibe képest, amikor is a termelés az előállított termékek egyformaságát feltételezte, és a gyártó a karbantartás felelősségét teljes egészében másnak engedte át. A számítógép először teszi lehetővé az előállítónak, hogy árut tömegesen állítson elő, de egyidejűleg alkalmazkodjék a megrendelő egyedi kívánságaihoz is. Az IBM már ma is előállít olyan logikai áramköröket, amelyek a számítógép irányítása alatt pontosan megfelelnek az ügyfelek elvárásainak. Mindez újfajta viszonyulást kíván a számítógéphez. A jövőben a számítógép segíteni fogja az embereket kommunikációs nehézségeik legyőzésében. Ez magas fejlettségű, a természetes nyelvekhez hasonló programnyelvet igényel, amelynek alkalmazásakor a számítógépnek csak azt kell megkérdeznie, hogy egy bizonyos kérdésben milyen segítséget nyújtson. A számítógép megvilágítaná a különböző megoldási változatokat, és utasításokat adna a kiválasztott megoldáshoz. Hogy ezt a szintet elérhessük, olyan számítógép-programokat kell kifejlesztenünk, amelyek nem az embereket helyettesítik, hanem olyan kapcsolatba hoznák őket a géppel, mintha a gép is „emberszabású” lenne.

Ha a jövőbeli elektronikus rendszerek képesek lesznek a tudás közvetítésére, az egyetemek ismét időt áldozhatnak új ismeretek gyűjtésére, ami száz évvel ezelőtt még a tulajdonképpeni feladatuk volt. Új intézményformák

fogják felváltani a megmerevedett iskolai osztályformát — „életfogytiglan“ tartó, átfogó, termelékeny, hatékony és a személyes igényekhez szabott képzéssel. Ahhoz, hogy ez létrejöhessen, azokat, akik az egyetemeken és másutt új ismereteket tárnak fel, e tudás „fogyasztóinak“ megfelelően meg kell fizetniük. Ha sikerül a szellemi tulajdont megvédeni is, akkor 2080-ban élénk piaca lesz a tudásnak, mivel elosztása a különböző fogyasztók között problémamentes, egyszerű és nagyon olcsó lesz. P. J. A.

REFLEKTORFÉNYBEN AZ EMLÉKEZÉS (Psychology today, 1981. július)

A társadalmi valóság a néző szemében keletkezik, és a látás érzelmileg is meghatározott — így fordíthatnók kissé szabadon Gordon H. Bowernek, a Stanford Egyetem professzorának megállapítását abból a cikkből, amelyet *Hangulat és emlékezet* címmel közöl a folyóiratban. A szerző feltételezi, hogy agyunkban külön nyoma marad minden érzelmenek, amelyet valaha átéltünk, és az elraktározott tapasztalatok könnyebben idézhetők fel a keletkezésüket kísérő hangulatoknak megfelelően. A pillanatnyi lelkiállapottól függő emlékezet tételének bizonyítására több érdekes kísérletet ismertet, illetve adatgyűjtések következtetéseit sorolja fel. Érvéleése annál is izgalmasabb, mivel versenyezni látszik az elfojtás elméletével az emlékezés—felejtés magyarázatában.

Kísérletei azért is figyelemre méltóak, mert a legtöbb laboratóriumi kísérletet ebben a tárgykörben eddig elsősorban állatokkal végezték, hiszen az állatokat különböző injekciókkal könnyű megfelelő fokú izgalmi állapotba hozni; ez a „lelkiállapot“ egyúttal kevésbé is árnyalható, mint pl. a félelem, a harag, a boldogság vagy a szomorúság, amit az ember él át. Háromféle kísérletsorozatában a szerző először hipnotikus szuggesztióval idézett elő kellemes vagy lehangolt állapot önkéntes jelentkezésénél, akik bizonyos feladatot kaptak: szavak sorozatát kellett megtálcálniuk.

Óriási különbség mutatkozott a teljesítményben aszerint, hogy a számonkéréskor hasonló vagy ellentétes hangulatba hozta őket. Azonos lelkiállapotban a teljesítmény 70-80%-os, az ellentétes lelkiállapot 46%-os eredményével szemben. Mintha a különböző hangulat anyagai külön raktározódnának el, úgy, hogy könnyebben olvashatók vissza hasonló lelkiállapotban. Második kísérletsorozatában arra kérte önkéntes jelentkezőit,

hogy egy héten keresztül vezessenek részletes naplót érzelmi életük eseményeiről (örömteli találkozások, bosszúságok stb.), s egyúttal értékeljék egytől tizig terjedő skálán az eset kellemes vagy kellemetlen voltát. Egy hét múlva enyhe hipnotikus behatással ismét ellentétes hangulatba hozták a résztvevőket, s azt tapasztalták, hogy jó hangulatban több kellemes, mint szomorú eseményre emlékeznek vissza, és a felidézett esetek is elsősorban azok közül kerülnek ki, amelyeket eredetileg erősebb élményként értékelték a saját besorolásuk szerint.

Harmadik adatgyűjtésük alkalmával minél több gyermekkori élmény rövid leírását kérték a jelentkezőktől. Másnap ismét értékeltették a szereplőkkel élményeiket mint kellemes, kellemetlen vagy semleges eseteket. A jó hangulatban írott élmények 92%-os aránytelődést mutattak a kellemes emlékek felé, és viszont: a szomorú hangulatúak több kellemetlen esetre emlékeztek... A kísérleti anyag és a hozzá fűzött értékelés egyaránt azt látszik bizonyítani, hogy az emlékképekhez tapadó érzelmek döntően befolyásolják azt az önkéntelen válogatást, amelynek megfelelően felidézünk magunkban az eseményeket. Érzelmi állapotunk előítéleteinknek megfelelően rostálja a valóságot.

A hangulatilag megfelelő hatás emlékeztetést jelent a megfelelően kiszűrt esetekre. Ezért az erős érzelmi színezetű emlékek mélyebb nyomot hagynak és könnyebben felidézhetők. Erejüket növeli ritkaságuk. Mindez az érzelmi tényező fontosságát bizonyítja, amely úgy működik az emlékezés kapcsolatteremtő folyamatában, mint valami önálló aktív egység, s ezzel óriási mértékben befolyásolja válogató észleléseinket, tanulásunkat, ítéleteinket, egész gondolkodásunkat, sőt cselekvéseinket is.

A folyóirat ugyanazon számában egy olyan cikk követi az előbb ismertetett cikket, amely szintén az emlékezetről szól: *Villanófény-emlékezet*. Az emberi lélek bonyolultságát bizonyítandó a szerző, B. F. Benderly antropológus éppen egy olyan momentumot ragad ki, amelyik nem a hangulati tényező fontosságát bizonyítja, hanem olyan emlékezteli jelenségről beszél, amely kivételt képez. A kivételt képező jelenség a valóban kivételes események rögzítésekor jön létre, mégpedig oly módon, mintha a lélek pillanatfelvételt készítené valamely ritka esemény összes részleteiről. Ebben a merő célzásra is bármikor könnyen felidézhető emlékképben benne foglaltatnak az esemény rögzítésekor átélt összes benyomások, mintha csak valóban idegrendszerünk

érzékeny anyagába nyomódtak volna bele annak a forró pillanatnak hangjai, színei, illata, érzelmi levegője, még az akkor uralkodó időjárás is, a hely és a mellékszereplő személyek aprólékos adataival együtt. Minden mellékes egyedi aprósággal teljes egészről van szó, amely nem tapasztalati alapon idővel halmozódó élményekből szűri ki a megőrzött emlékképet, hanem teljes gépiességgel a pillanat nyújtotta élményt rögzíti.

Csak az olyan esemény vagy ilyen, bármikor könnyen előhívható, valóság-hű, részletes emlékképet, amely újszerű és biológiailag is fontos. A váratlanságnak és a jelentőségteljeségnek ritka pillanatokban keletkezett ötvözetéről van szó. Például a Kennedy-gyilkosság,

amelyről a nagyközönség évek múlva is pontosan tudja, mikor, hol, kitől és milyen körülmények közt értesült. Mintha az agy villanásnyi idő alatt kapná az utasítást: „mindent tárolj!” Mintha a döbbenetes pillanatban az átélő nem vesztegetne időt és energiát a válogatásra, hanem éppen azért dobna be minden erőt, hogy a pillanatnyilag aktív összes színopszisok kapcsolatait, a teljes élményt rögzítse.

Az emlékeztet a tapasztalatokat a viselkedés számára hasznosítja. A ritka forró pillanatok önmagukban is eléggé erős nyomot hagynak, mert indultlani jelentőségük fontos. A szervezetben előidézett élettani folyamatok hevesége maradó nyomot hagy a központi idegrendszerben is.

V. T. V.



György Albert: Leányfej