

A SZÁMÍTÓGÉP tegnaptól holnapig

Szűcs Ervin



A SZÁMÍTÓGÉP

Szűcs Ervin

*tegnaptól
holnapig*

Lektorálta Dobó Andor okl. alk. matematikus
Kertész Ádám okl. alk. matematikus
Egri Béla
Az illusztrációkat készítette
© Szűcs Ervin; Budapest, 1987
ETO 681.31
ISBN 963 10 7150 2

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó
Felelős kiadó Szűcs Péter igazgató
A szedés a Műszaki Könyvkiadóban készült

Egyetemi Nyomda 86.5338 Budapest, 1987
Felelős vezető Sümeghi Zoltán igazgató

Felelős szerkesztő Czere Károlyné
Műszaki vezető Kőríz Károly
Műszaki szerkesztő Marekné Marosi Katalin
A borítót és a kötést tervezte Kováts Tibor
A könyv ábráit rajzolta Bubb Zsuzsa
A könyv formátuma B/5
Ívterjedelme 11,9 (A/5)
Ábrák száma 4
Illusztráció 64
Papír minősége 100 g Hungaromatt
Betűcsalád és -méret 10/11 világos Helvética
Azonosság szám 31 762
A kézirat lezárva 1986. július
MŰ 3980-h-8789

Készült az MSZ 5601 és 5602 szerint

Tartalomjegyzék

1. Modern káosz 7

2. A „titokzatos” jelen 9

3. Számolás képekkel 11

4. A kezdet: a calculus 13

5. Számolás abakusszal 15

6. A számítások receptkönyve 17

7. Algoritmus kontra abakusz 19

8. Közbeszól a mechanika 21

9. Segít az elektromos motor 23

10. A keréktől a bütyköstengelyig 25

11. Automatacsodák 27

12. A felület elválik a hengertől 29

13. A számológép is programozható 31

14. Százszor gyorsabban 33

15. Összkép a fejlődésről 35

16. A technika fejlődése 37

17. Megszületik az elektronikus számítógép 39

18. Neumann János 41

19. Számítások programozása 43

20. Algoritmusok ábrázolása 45

21. Számítógép-generációk 47

22. Csak a neve változatlan 49

23. Miből áll? 51

24. A nyersanyag 53

25. Az átalakítás 55

26. A termék 57

27. Harc az információért/val 59

28. Szabályozás – információ 61

29. Az információs folyamat 63

30. Az információs gép 65

31. Mozdulatokra bontott termelés 67

32. A természet és a technika 69

33. Az ember és a gép a termelésben 71

34. A termelési folyamat irányítása 73

35. Számítógépes termelésirányítás 75

36. A munka gépesítése 77

37. Képzeletbeli robotok 79

38. Robotok a valóságban 81

39. Mi a robot? 83

40. Érzékelő robotok 85

41. Számítógép a gépkocsiban 87

42. Számítógép a közlekedésben 89

43. A közlekedés irányítása 91

44. Az irodai munka gépesítése 93

45. Az üzenettovábbítás forradalma 95

46. Elektronika a lakásban 97

47. Integrált rendszer a lakásban 99

48. A rajzológép 101

49. A tervezés 103

50. A művész eszköze 105

51. Computer ludens 107

52. Géppel összekötött játék 109

53. Számítógép az iskolában 111

54. Változik az iskola 113

55. Kapcsolatunk a géppel 115

56. Sport 117

57. Számítógép a kórházban 119

58. A számítógépes bűnözés 121

59. A számítógépes bűnüldözés 123

60. Alakfelismerés 125

61. A beszéd világa 127

62. Kép a jövőből 129

63. A fejlődés iránya 131

64. Rémképek 133

65. Ami mindezek mögött van 135

Modern káosz?

Nincs olyan nap, hogy ne hallanánk a számítógépekről, a számítástechnikáról. A tv- és rádióadások, az ismeretterjesztő folyóiratok, de még a napilapok hasábjai is tele vannak az újabb és újabb lehetőségekről szóló hírekkel. Nem sok ez egy kicsit?

Ezt természetesen nem a szakemberek, a hivatásos számítástechnikusok kérdezik, hiszen nekik talán még ez is kevés. Még a számítógép-közelbe kerülő fiatalok sem sokat kérdeznek – egyszerűen birtokba veszik, használják úgy, mint (valamilyen már nagyon megszokott) hétköznapi eszközt. Olyan cserreforgalmat bonyolítanak le számítógépes játékokkal, mint ahogy annak idején az én gyerekkoromban cserélgettük a gombfoci-játékosainkat. Aztán kinőtünk a gombfocizásból. Nem kevesen vannak a mai felnőttek között, akik azt hiszik, hogy túl az iskolai tanulmányaikon, ezek a gyerekek is kinőnek a „számítógépeskedésből”. Talán valamilyen múló divat volt csak mindaz a „felhajtás”, amit a számítógép körül csaptunk? Vagy talán annyira megnő a számítások jelentősége a jövőben, hogy az ember kénytelen mellőzni a papírt vagy a fejt, és mindenki számítógéppel fog számítani, számolni? Sokan ma is úgy vélik, hogy – miként nevéből is következik – egy nagyon gyors számítási eszköz került az emberek kezébe; hát ismerkedjen meg vele az, aki számításokkal akar, vagy akinek számításokkal kell foglalkoznia. Számító gép. Nomen est omen – nevében a végzete! Hiszen

még az Értelmező Szótár szerint is a számítógép „hosszú számítási műveletek gyors elvégzésére, adatok tömegének feldolgozására való, mozgó alkatrészek nélküli (?) elektronikus berendezés”. A számítástechnika pedig egyenesen „azoknak az eljárás(mód)oknak az összessége, amelyekkel (bonyolult) matematikai műveleteket a legcélszerűbben lehet elvégezni”. Vajon csak a matematikusok ügyéről van szó?

No nem, ezen talán azért túl vagyunk. Ki ne tudná, hogy

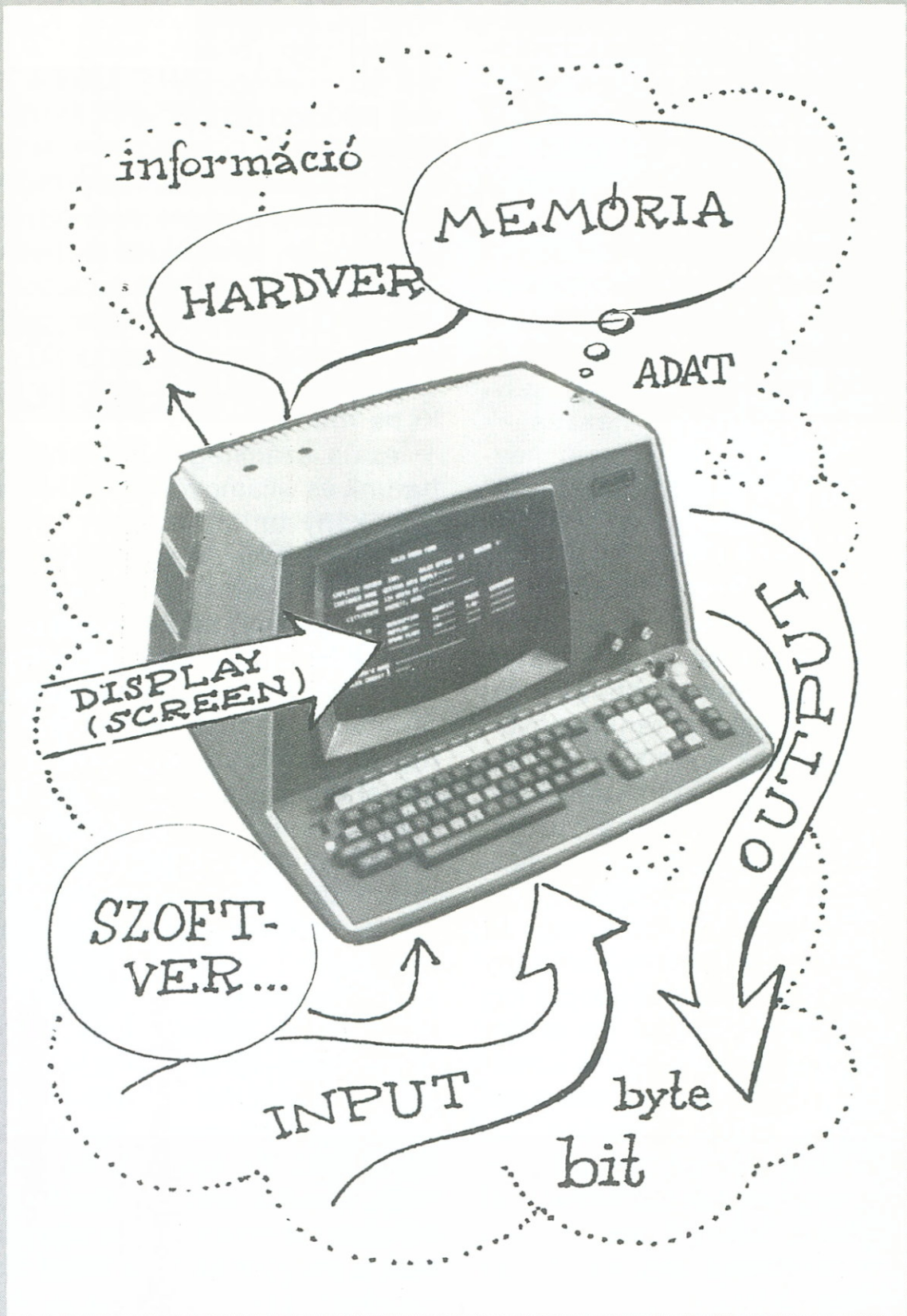
– az ún. számítógép segítségével tárolhatunk és villámgyorsan visszakereshetünk könyvtári adatokat,

– az Interpol központjában még a nemzetközi bűnözők ujjlenyomatait is számítógéppel tartják nyilván,

– a KGST országok egyesített villamosenergia-rendszerének prágai központjában számítógéppel gondoskodnak a terhelések elosztásáról, a villamosenergia-ellátás zavartalanságáról.

Ki ne hallott volna számítógépes vezérlésű szerszámgepekről, óriási gyártási rendszerekről, amelyeknek irányításában nem is egy számítógép vesz részt . . . ?

Jó – mondjuk –, mindezt tudjuk, ismerjük és elismerjük a számítógép fontosságát, de értenünk is kell hozzá? Egy közismert mondás szerint attól még ebédelhettek, ha nem értem az emésztés folyamatát. Ez igaz, de ha emészthetőbb ételeket akarok készíteni, akkor némileg ismernem kell a konyhaművészet, a modern konyha titkait is.



A „titokzatos” jelen

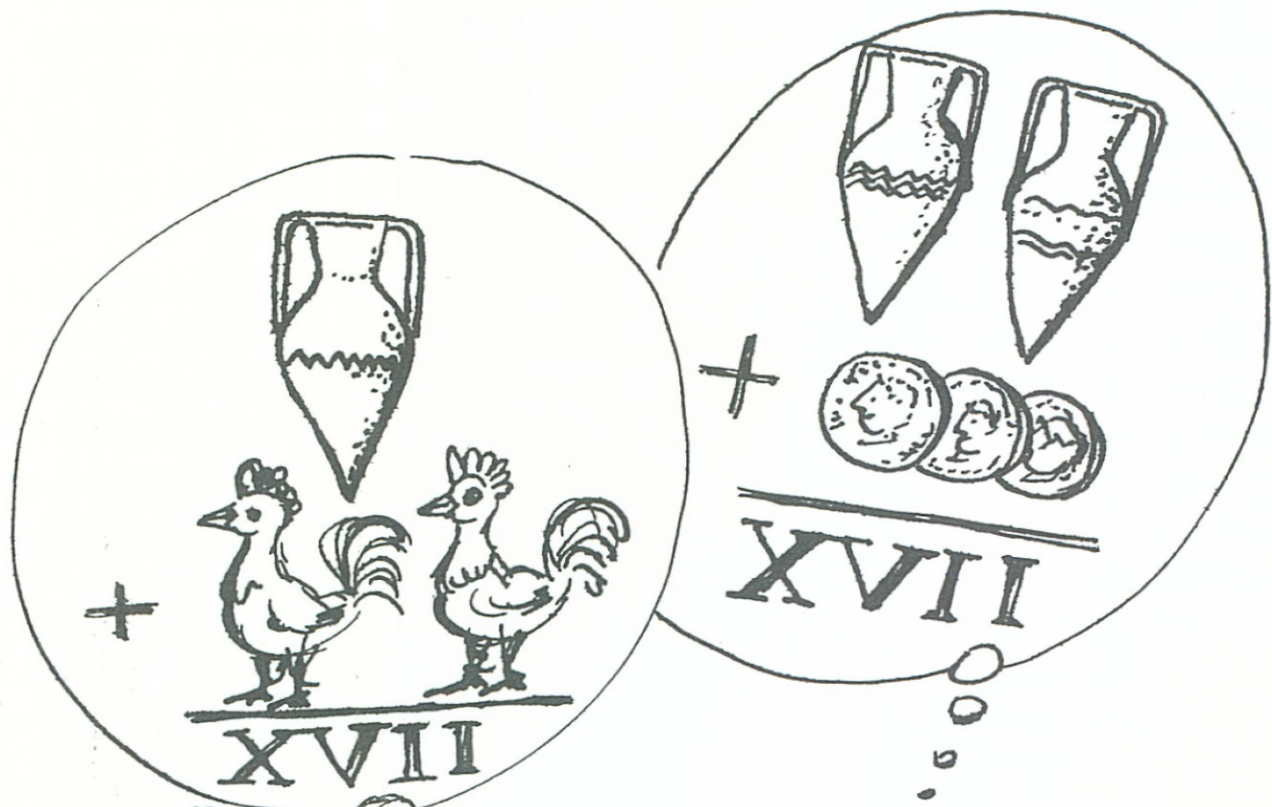
Nagyon megértem azokat, akiknek több mint titok a számítógép, akik úgy vélik, hogy ez csak a beavatottak számára megismerhető eszköz. Eléggé vegyes érzésekkel találkoztam már a nem szakemberek körében. Sokan értetlenül bámulják, csodálják, vagy félnek tőle; van, aki minden probléma megoldóját, és van, aki a társadalom teljes elgépie-sedésének okozóját látja benne. Még fokozza a zavart, amikor olyan magyarázatot hallanak, amely hemzseg az érthetetlen szavaktól. A hardware és a software, a file és a record . . . egyike sem lesz közérthetőbb, ha szabványosított magyarosítással pl. fájl-nak vagy szoftvernek írjuk. És amikor „népszerűen” kifejtik, hogy a „digitális számológépekben . . . a számokat reprezentáló impulzuskombinációk hossza (a bináris helyértékek száma) egy-egy gépen belül szigorúan állandó” (Új Magyar Lexikon) . . . Ne is folytassuk! Mintha a mozi és a tv közötti különbség magyarázatát úgy kellene kezdeni, hogy részletesen ismertetjük a katódsugárcső működési elvét.

E könyv szerzője nem ezt az utat követi. Úgy gondolom éppen elegendő népszerű ismertető van már forgalomban a számítógép felépítéséről, programozásáról, alkalmazásáról. Akit érdekel a téma, bőségesen találhat magyar nyelvű irodalmat is, és az iskolában is ott van már a számítógép. Nincs olyan középiskolás ma már, aki ne találkozott volna vele, és egyre többen vannak,

akik nemcsak játszani, de programozni is tudnak. Miért ez a nagy társadalmi mozgalom? Hogyan jutott el az emberiség a számítógépkorszakba, és mit várhat tőle az egyes ember? Azokhoz szólok, akik ezekre a kérdésekre keresik a választ, és közben talán az ember jövőjéért is aggódnak.

Nem vagyok hivatásos számítástechnikus, bár majdnem két évtizede közvetlen kapcsolatban vagyok a számítógépekkel. De még él bennem annak emléke, amikor azt sem tudtam, mi fán terem a számítógépes programozás. Emlékszem rá, milyen nehezen, bátortalanul, az önbizalom teljes hiányával fogtam hozzá egy számítógépnyelv tanulásához. Jobban tartottam tőle, mint az angol vagy az orosz nyelvtől. És most elképzelem ezt a 20 évvel ezelőtti önmagamot, és neki próbálom bemutatni a technika és a számítógép kapcsolatrendszerét.

Talán sikerül a szemléltető képek és a hozzájuk tartozó szöveg segítségével együttesen meggyőzni az Olvasót arról, hogy a kultúra egy és oszthatatlan, és hogy annak ma már szerves része a technikai kultúra, s hozzá tartozik a számítástechnikai kultúra is. Ehhez azt kell belátni, hogy a számítógép nemcsak (nem is elsősorban) számításokra szolgáló gép, hanem kulturális fejlődésünknek olyan gyümölcse, amelynek léte, célszerű és okos használata egész kultúránkra, annak fejlődésére és fejlesztésére is jótékony hatással van.



Számolás képekkel

„Sok van, ami csodálatos, de az embernél nincs csodálatosabb”. Számtalan képesség tekintetében az állatvilág különféle egyedei messze felülmúlják az embert. Az egyes állatfajok a saját környezeti feltételeikhez nagyon jól idomulnak. Viszont az ember minden állatot felülmúl azzal a képességével, hogy nemcsak alkalmazkodik környezetéhez, hanem képes azt céljainak megfelelően átalakítani. Vannak ugyan eszközkészítő állatok is, de csak az ember képes arra, hogy meglévő eszközét és igényeit összevesse és az igényeknek megfelelően tökéletesítse, fejlessze azokat. Maradjunk azonban témánknál, foglalkozzunk a számításokkal! Szorozzunk össze két számot, mondjuk tizenhetet tizenhárommal! Egyszerű művelet, fejben is elvégezhető. De – felejtjük el egy pillanatra a mai számjegyeket, és képzeljük magunkat az ókori Róma piacára. Tizenhárom tógát akar venni egy patrícius, és minden tóga egységesen tizenhét denáriusba kerül. Hány denáriust kell a kereskedőnek átadnia? Leszámolja tizenháromszor a tizenhét ért? És ha nincs annyi pénze, de a kereskedő elfogad öt denáriust érő tyúkot és hét denáriust érő amforát is fizetés gyanánt? Akkor mi történik: átad mondjuk hét amforát, de mennyit kell még kifizetnie? Ismét hangsúlyozom: még nem ismerik a ma használatos számjegyeket! Hát bizony gondban lehettek a római piacon, ha . . . ha már jóval előbb nem segített volna az emberi találékonyság, ügyesség (görögül: a

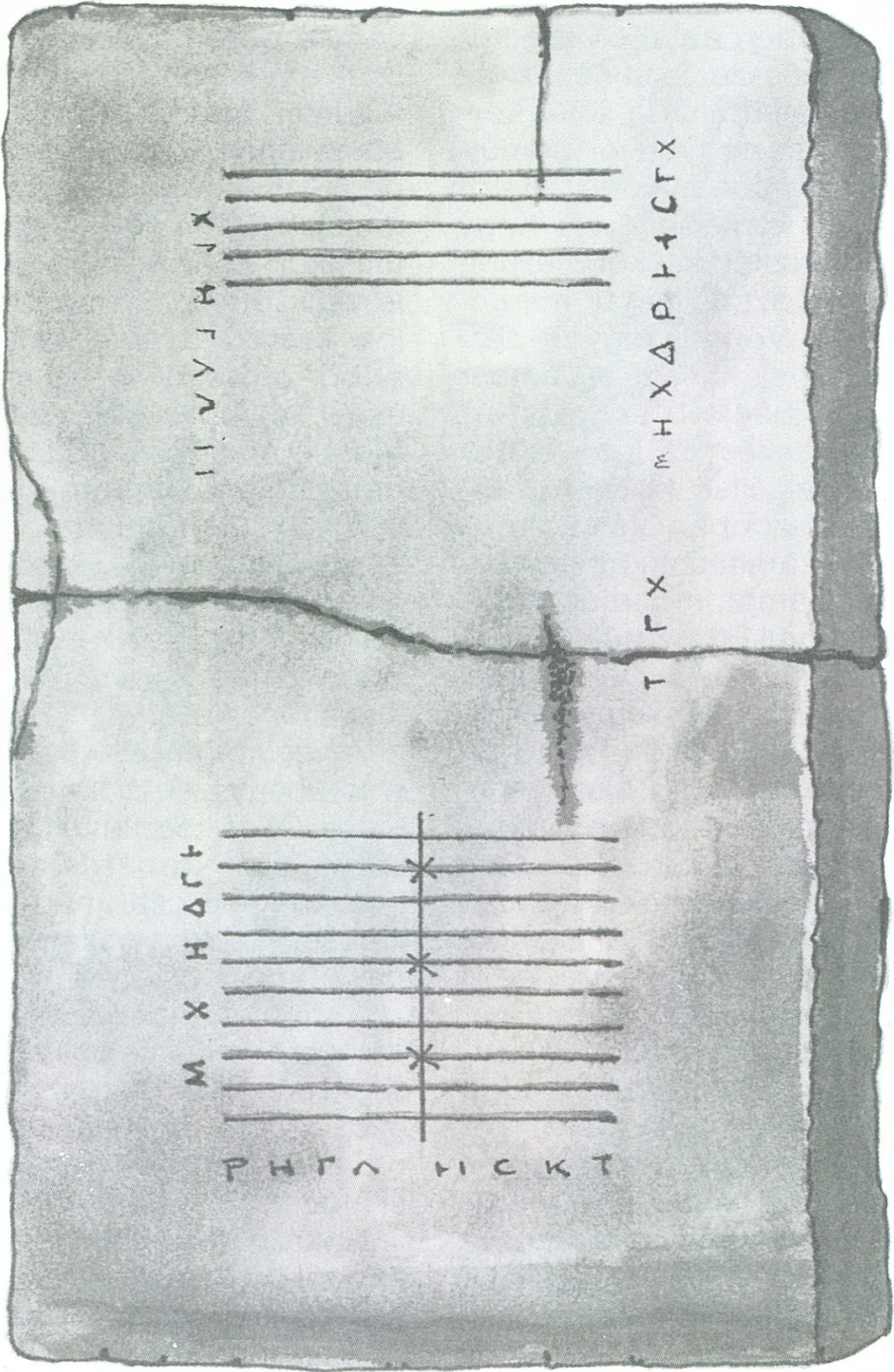
techné). Hiszen nem volt könnyű dolga az embereknek a sumér, az egyiptomi vagy a görög számokkal sem. Vessünk csak egy pillantást a régi számírásokra! A sumér, majd a babiloni számrendszer 60-as (innen ered az idő és a szögek perc – másodperc felosztása is); a számok jelölésére egyik végükön hengeres, másikon háromszög keresztmetszetű íróvesszőt (ún. stylust) használtak. Külön szorzótáblákat kellett készíteni, s abból olvasták le az eredményt. 4000 évnél is régebbiek azok a babiloniai táblák, amelyeken iskolai számtanfeladatokat is találhatunk.

Az ókori kínaiaknak is segédeszközt kellett készíteniük. Belső-Mongólia területéről került elő 20 vékony elefántcsont pálcika, amelyet a 3000 évvel ezelőtti Zhon dinasztia korában használtak a számításokhoz.

Az egyiptomi hieroglifák számai sem sokkal egyszerűbbek a mai ember számára. Ők is készítettek táblázatokat, sőt „számítási szabálykönyvet” is, de ezt hosszú ideig csak nagy tudású, különlegesen képzett „szakemberek” tudták használni.

A mindennapi számításokhoz valami könnyebben kezelhető eszközre volt szükség. Hérodotosz (mintegy 2500 éve) azt írta, hogy az egyiptomiak „vonalakat húztak és (rajtuk) kövecskékkel számoltak”.

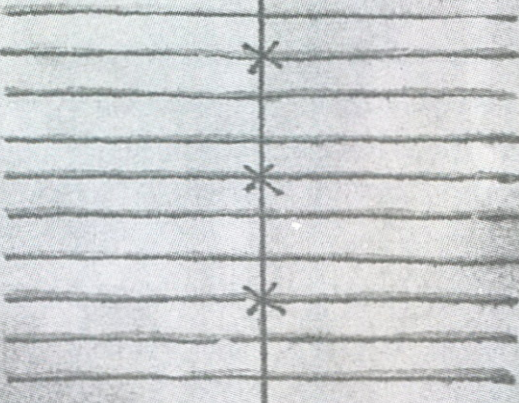
Hosszú évszázadok teltek el, míg a képből betű, majd számjegy lett – és az ember segédeszköz nélkül már nem boldogult a számok világában.



И У Г Н Х



М Н Х Δ Р Г Х



М Х Н Δ Г

Г Х

Р Н Г Δ Г К К Т

A kezdet: a calculus

A hieroglifákkal papíron (ill. papiruszon) számolni tehát nehéz. A fejszámolásra (sokjegyű számokkal) ma sem mindenki képes. Segítsünk hát magunkon valamilyen természeti tárgy felhasználásával, pl. kavicsokkal! Összeszedünk egy csomó kavicsot és csak leszámoljuk az összeadandókat: megvan az összeg. Vagy: leszámoljuk a kisebbítendőt, elvesszük belőle a kivonandót és megvan a különbség. Igen ám! De mi van, ha száz vagy ezer, vagy még ennél is nagyobb számokkal kell dolgozunk? Nem használhatnánk fel kavicsokat nemcsak a kis, hanem a nagyobb számjegyek jelölésére is? A megoldás persze utólag (mint minden nagy találmány) egyszerű: készíteni kell egy agyagtáblát, az előkelőbbeknek esetleg márványtáblát, amelyben egymással párhuzamos csatornák vannak, és amelyek mindegyikéhez növekvő sorrendben egy-egy betűszámot írnak. Összeszedünk akkora kavicsokat, amelyek a csatornába beletehetők, és máris kész a számolást megkönnyítő eszköz. Ilyen táblán számolt a Dareiosz vázáján látható írrok is. A képünkön látható (ún. szalamiszi) számolótábla fehér márványból készült az i. e. IV. században, mérete: 150 × 75 cm. Tekintélyes méret és tekintélyes érték!

A kövecskék nélkülözhetetlen számítóeszközzé váltak. (Ezt még a nyelv is tudomásul vette: a görög számolás szó – pszéphizein – a kövecske, pszéphon szóból ered.)

A rómaiaknak már könnyű dolguk

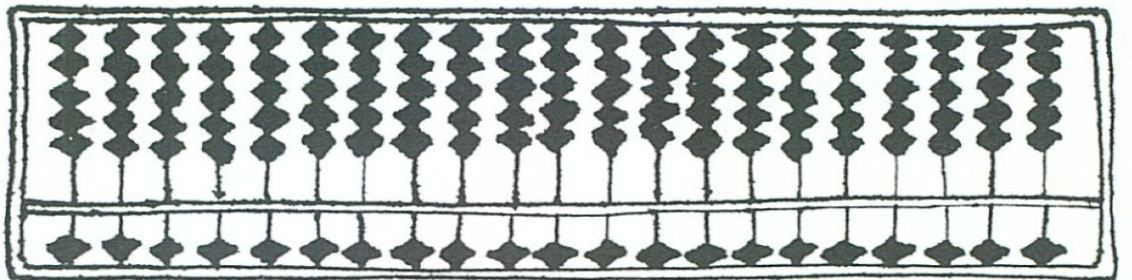
volt, csak a meglevő eszközt kellett továbbfejlesztelniük. Itt álljunk meg egy pillanatra, és vegyük elő a magyar – latin szótárt! A kavics szó latin megfelelője: calculus. Igen, a calculus (tehát a kavics) szóból ered a számolás igéje (calcularre) és a számolást segítő technikai eszköz (a kalkulátor) neve is.

Érdeemes felidézni, hogy mi is történt. Amíg csak különálló mennyiség jelölésére volt szükség, kiválóan megfelelték a római (vagy előbb: a görög) betűszámok, mihelyt azonban a kereskedelem, a gazdálkodás és a hadászat fejlődésével a számokkal műveleteket is kellett végezni, az embernek segítségül kellett hívnia a technikát, meg kellett alkotnia első számító „gépeit”.

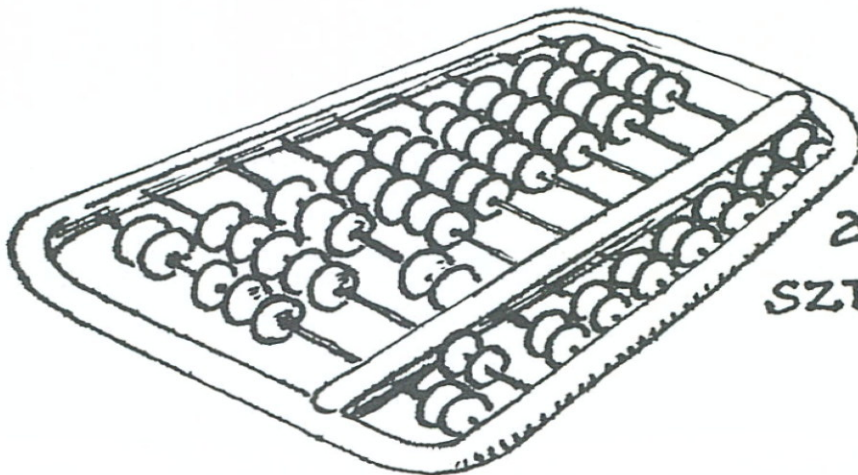
Csak érdekességként említem, hogy a kavics anyaga elsősorban szilícium, és a modern kalkulátorokban is szilíciumchipek (morzsák) találhatóak; igaz, hogy a szilícium szerkezete és működése „némileg” megváltozott. És a kettő között ott van a „számítógépesítés” évezredes szilíciummentes korszaka. De nemcsak a kalkulátor, hanem például a „digitális” és a „computer” szó is latin eredetű. Latinul a digitus ujj, és nevében őrzik másik fontos számítási segédeszközünket, kezünk ujjait, amely a történészek szerint a római számok formájának eredője is. (A digitus a római birodalomban hosszmérték is volt, kb. 18,5 mm-nek felelt meg.) Latinul a computare: összeválni, rovásfára felróni; amely a számok rögzítésének akkori módjára utal.



görög
számolótábla



a japán szoroban



a kínai
szuan-pan

Számoljunk abakusszal!

Visszatérünk a római piactérre. Most már egyszerű dolga van a kereskedőnek: van kalkulátora. Az előző oldalon bemutatott táblán közepén az egységtől (balra) a millióig a számok jelei, jobbra az $1/12$, $1/24$, $1/36$ és $1/48$ jele látható. Az alsó vájatokban levő kavicsok értéke egységnyi, a felső vájatokban pedig ennek ötszöröse. Dareios vázáján levő alak előtt egy ilyen számoló-tábla, kezében pedig ennek kicsinyített mása (a korabeli zsebszámológép) látható. Ezzel a táblával már könnyebb kiszámolni a tizenhétszer tizenháromat. Tízszel úgy szorzunk, hogy pl. az X vájatban levőt a C, az I vájatban levőt pedig az X vájatba „írjuk”: XVII helyett: CLXX. A hárommal való szorzás az ábrából követhető. Ehhez hozzáadjuk az előbbi részletszorzatot: CCXXI.

Nem akarom fárasztani az Olvasót ezzel a „bonyolult” művelettel, de azért érdemes emlékezetébe vésnie, hogy már ennek az egyszerű „számológépnek” a kezeléséhez is ismerni kellett valamiféle szabályt, az egymás után végrehajtandó lépések előírását (ma úgy mondanánk: *algoritmusát*).

Érdekes — és ez is jellemző az emberi fajra —, hogy hasonló elvű, a számolást elősegítő eszközök egymástól függetlenül fejlődtek ki Európában és a Távol-Keleten. A kínai *szuan-pan* (szó szerint: számoló-tábla) segítségével ugyan nem kavicsokat rakosgattak, de a módszer

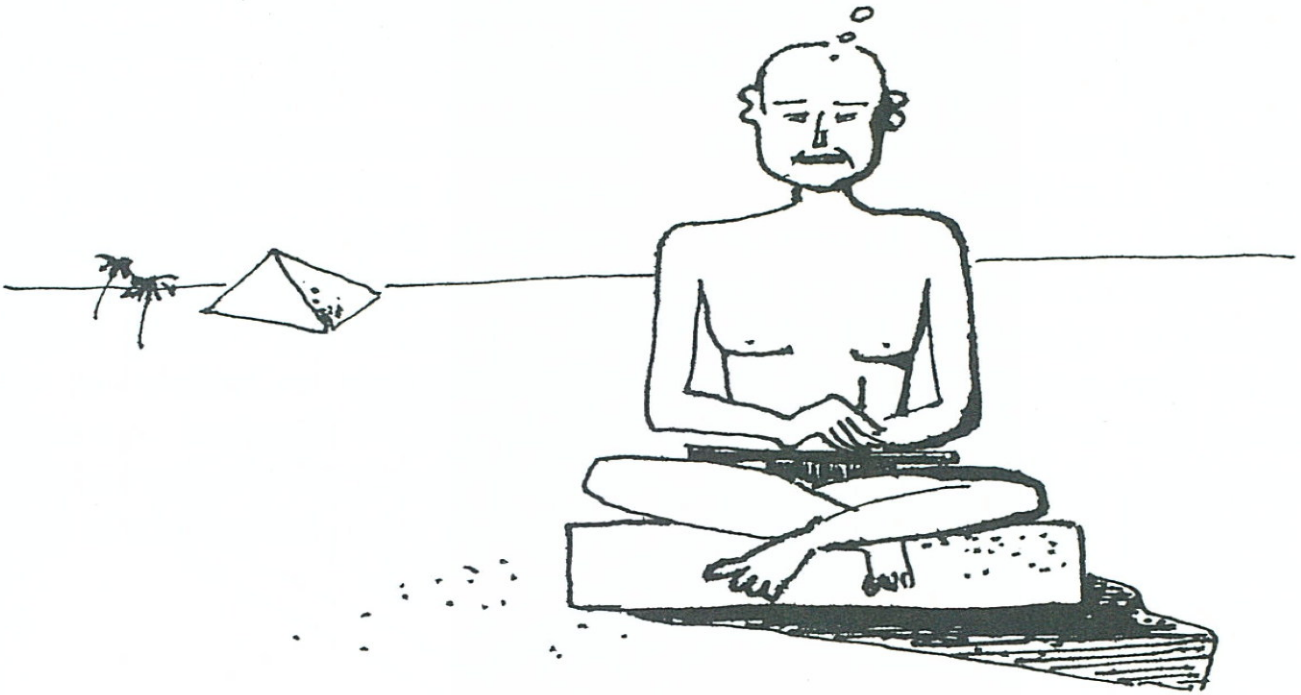
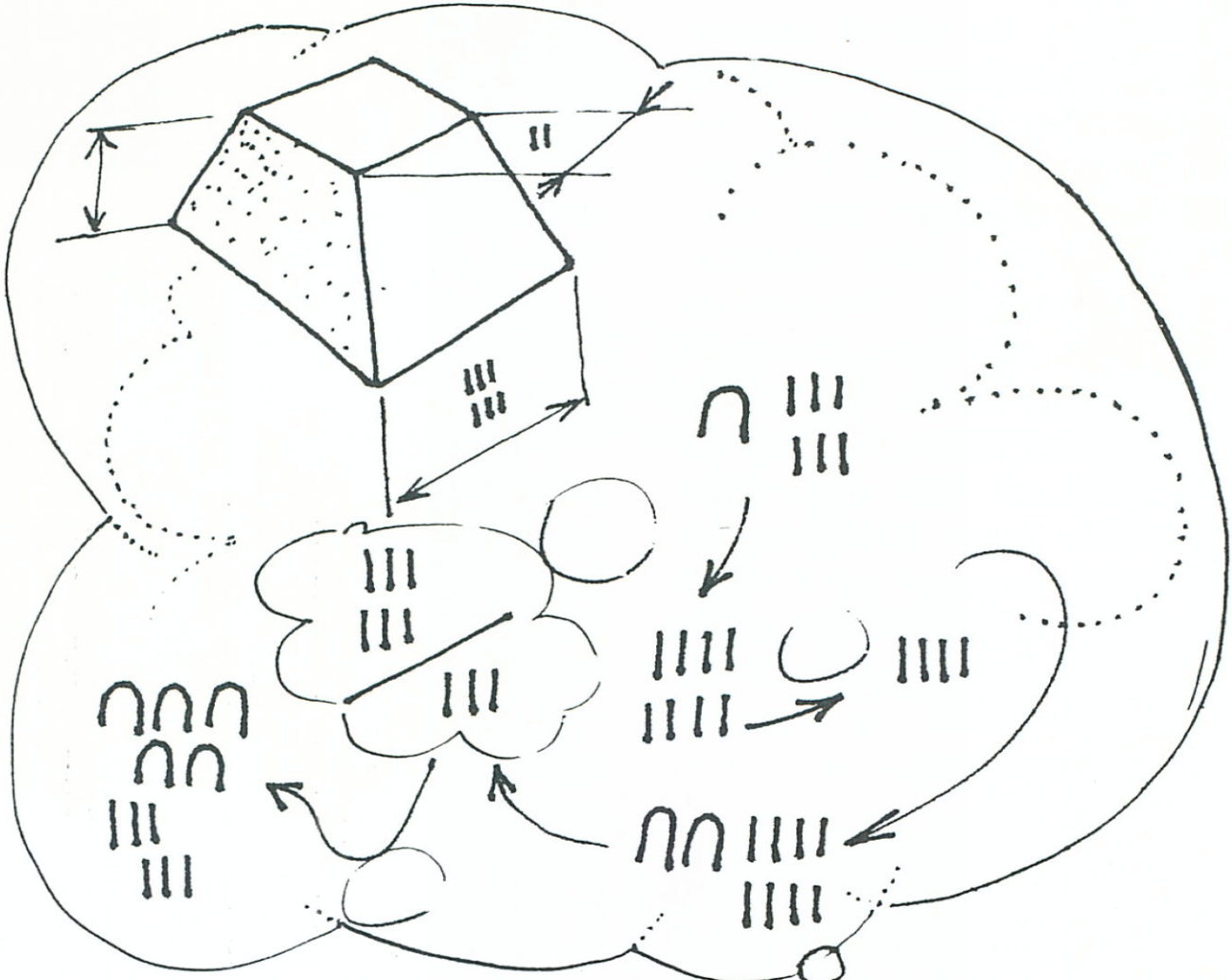
lényegében azonos volt. A golyók keretbe foglalt vékony drótokon csúsznak. A drótokat egy keresztrúddal két egyenlőtlen részre osztották. A hosszabb részen 5, a rövidebben 1 vagy gyakrabban 2 golyó csúszhat. Míg az előbbi szakasz golyóinak értéke 1, a rövidebb részen a golyók értéke 5. Ez a számolási segédeszköz a XII. századtól terjedt el, de tudjuk, hogy már a VI. században is ismerték.

A japán *szoroban* sem sokban különbözik rokonaitól. Az orosz *szcsotcsik* napjainkban is közkedvelt eszköz a szovjet áruházakban, a pénztárosok rendkívül ügyesen, ördögös gyorsasággal használják.

A számításokra szolgáló táblát, majd később az ezt helyettesítő dróra fűzött golyócskákat a mai napig *abakusznak* hívják, és feltalálását Püthagorasznak tulajdonítják.

Az abakusz szó szemita eredetű, eredetileg egy porral bevont, ugyancsak számítási célú táblácskát jelölt.

Bármilyen formájú is az abakusz, elsősorban összeadásra és kivonásra szolgál, a szorzás (hát még az osztás) továbbra is bonyolult művelet maradt. Ahogy fejlődött a termelés, a kereskedelem, a tudomány, mindig nagyobb számokkal kellett műveleteket végezni — egyre jobban feszített a számítási igények és a meglévő számítóeszköz lehetőségei közötti ellentmondás.



A számítások receptkönyve

A XII. századig Európában csak kevesen voltak képesek abakusz nélkül számolni, az egyszerű alapműveletek is az egyetemi szintű képzéshez tartoztak. Nem csoda, hisz addig Európában még csak római számokat használtak. Keleten, az arab világban – igaz némileg módosított formában, de – megjelentek az indiai számjegyek. Az arab Muhammed ibn Muza al-Chvarizmi a IX. században könyvet írt, amelyben a legfontosabb számolási módszereket, eljárásokat szinte receptkönyv szerint adta meg. E könyv latin fordításának címe: *Algoritmi dicit*. Ebből származtatva a feladatok megoldásának az egymás utáni lépések sorozatával megadott eljárását *algoritmusnak* nevezzük.

Kis jóindulattal már az egyiptomi papiruszokon is találhatunk algoritmusokat. Az i. e. 1700-ból származó ún. Rhind papirusz – amelyet 1858-ban fedeztek fel és a londoni British Museumban őriznek – eredetileg valószínűleg az írnokok oktatására szolgált. Ez így írja a 12×12 szorzást:

		II	n	I
	IIII	n n		II
	IIII	n n		IIII
	IIII	n n		
IIII	IIII	n n n n		IIII
IIII	IIII	n n n n		IIII
	IIII	n n	9	

Jobbról balra olvasva, ha

$$l = 1, \quad n = 10, \quad 9 = 100$$

1	12
2	24
+ 4	48
+ 8	96

eredmény: 144.

Vagyis: mindig a dupláját veszik a szorzandónak, és a megfelelő tagokat összeadják. A „duplicatio” még a középkorban is szokásos számolásmód volt. Talán ezzel kezdődött a kettes számrendszer, bár abban az időben még jó néhány más módszert is tanítottak. A moszkvai múzeumban őrzött híres papiruszon az adott méretű csonka gúla kiszámítására leírt eljárás: „A magasság 6, az alapélek 2, ill. 4 könyök. Add össze ezt a 16-ot ezzel a 8-cal és ezzel a 4-gyel: kijön 28. Számítsd ki $1/3$ -át a 6-nak! Kijön 2. Számolj 28-asával kétszer! Kijön 56. Nézd, ez 56. Helyesen számítottad ki.”

Mai ésszel nehéz követni ezt a gondolatmenetet, de bizonyára a fáraó írnokai jól tudták használni a hieroglifákban rögzített eljárást. Ma ezt úgy fogalmaznánk: számítsd ki az a és a b él négyzetét és szorzatát! Összegüket szorozd meg a h magasság harmadával! Képletben:

$$V = (a^2 + ab + b^2) \cdot h/3.$$

Lépésenként (S jelöli a „gyűjtő” számot):

$$\begin{aligned} S &= a \cdot a, & 4 \cdot 4 &= 16, \\ S &= S + a \cdot b, & S &= 16 + 2 \cdot 4, \\ S &= S + b \cdot b, & S &= 24 + 2 \cdot 2, \\ V &= S \cdot h/3, & V &= 28 \cdot 6/3. \end{aligned}$$

Hasonlóan (lépésekre bontva) adhatók meg a bonyolultabb számítási eljárások is.



Algoritmus kontra abakusz

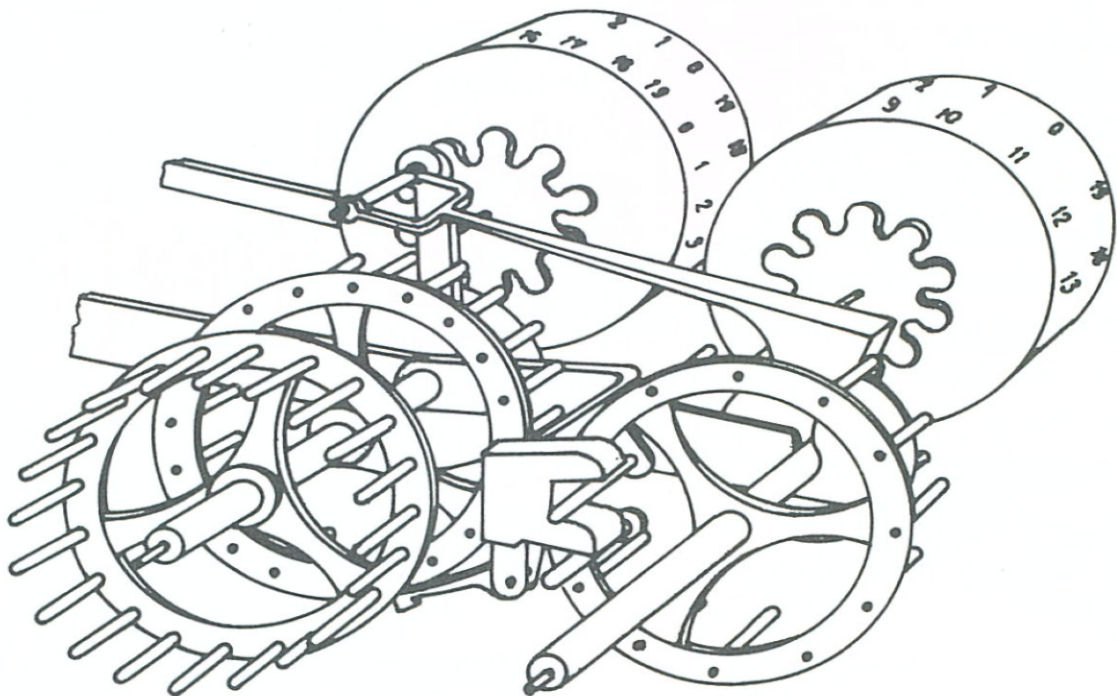
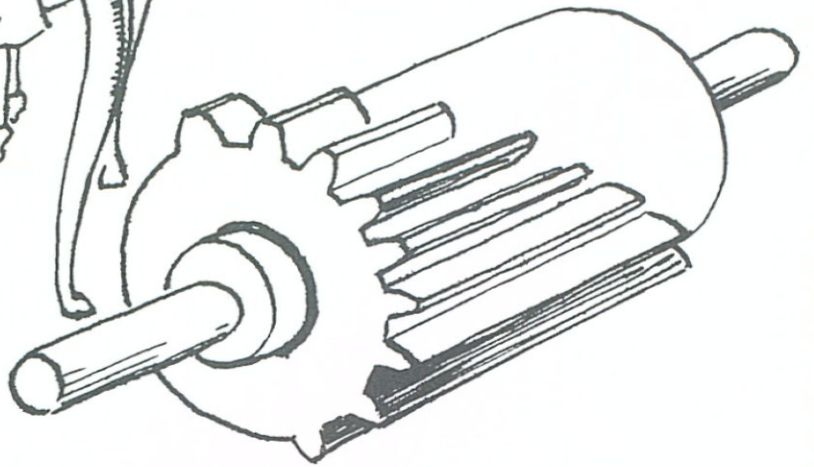
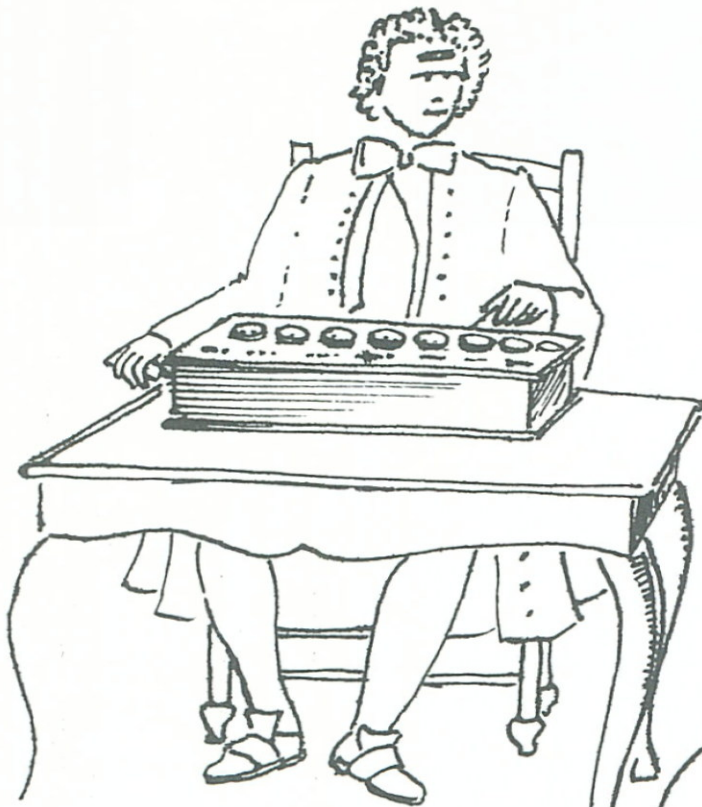
Európában a számítások megszokott rendjében csak a XII. század során következett be változás. Nehezen hihető, de – bár a XII. század közepén al-Chvarizmi lefordított könyve már ún. arab számjegyekkel jelent meg – csak 1202 után kezdték megismerni a velük való számolás előnyeit. Ebben az évben látott napvilágot Leonardo Pisano számtankönyve. A fiatal kereskedősegéd önképzéssel jutott el olyan szintre, hogy megírhatta 15 fejezetre tagozódó, „Könyv az abakuszról” (Liber Abaci) című művét, amely a Földközi-tenger környékén élő népek korabeli matematikai ismereteinek hiteles enciklopédiája. (A könyvön szerzőként – eredeti neve helyett – Fibonacci, Bonaccio fia szerepel.) Szinte hihetetlen, hogy néhány évtizeddel ezután rendeleteket is hoztak, amelyek megtiltották az indiai számjegyek használatát, arra hivatkozva, hogy a nullát könnyű hatosra vagy kilencesre megváltoztatni. Az arab számjeggyel ellátott pénzek megjelenési éveit jól szemléltetik a terjedés „sebességét”: Svájc – 1424, Ausztria – 1484, Franciaország – 1485, Németország – 1489, Anglia – 1551, Oroszország – 1654. Az első nyomtatott könyv, amelyben arab számokkal jelölték az oldalakat, 1471-ben jelent meg.

Valóságos harc dúlt az algoritmus és az abakusz hívei között. Különböző segédeszközöket (szorzó- és számolótáblákat)

készítettek mindkét oldalon. II. Szilveszter pápa is (aki Szent Istvánnak koronát küldött) készített számolótáblát püspök korában – amikor még Gilbert-nek hívták – az abakusz védelmére.

Egy 1504-ben megjelent könyvből vett képen az abakuszos Püthagorasz szomorúan figyel az algoritmus szerint vidáman számoló Boethius munkáját, miközben maga Aritmetika istenszöny is az utóbbira néz mosolyogva. Pedig nem kéne szomorkodnia, az abakusz még hosszú életű. 1946. november 12-én a japán Macuzaki a maga „abakusz” (valójában szoroban) eszközével legyőzte az elektromechanikus számítógéppel dolgozó amerikai Woodot. Igaz, nem sokan tudnák példáját követni.

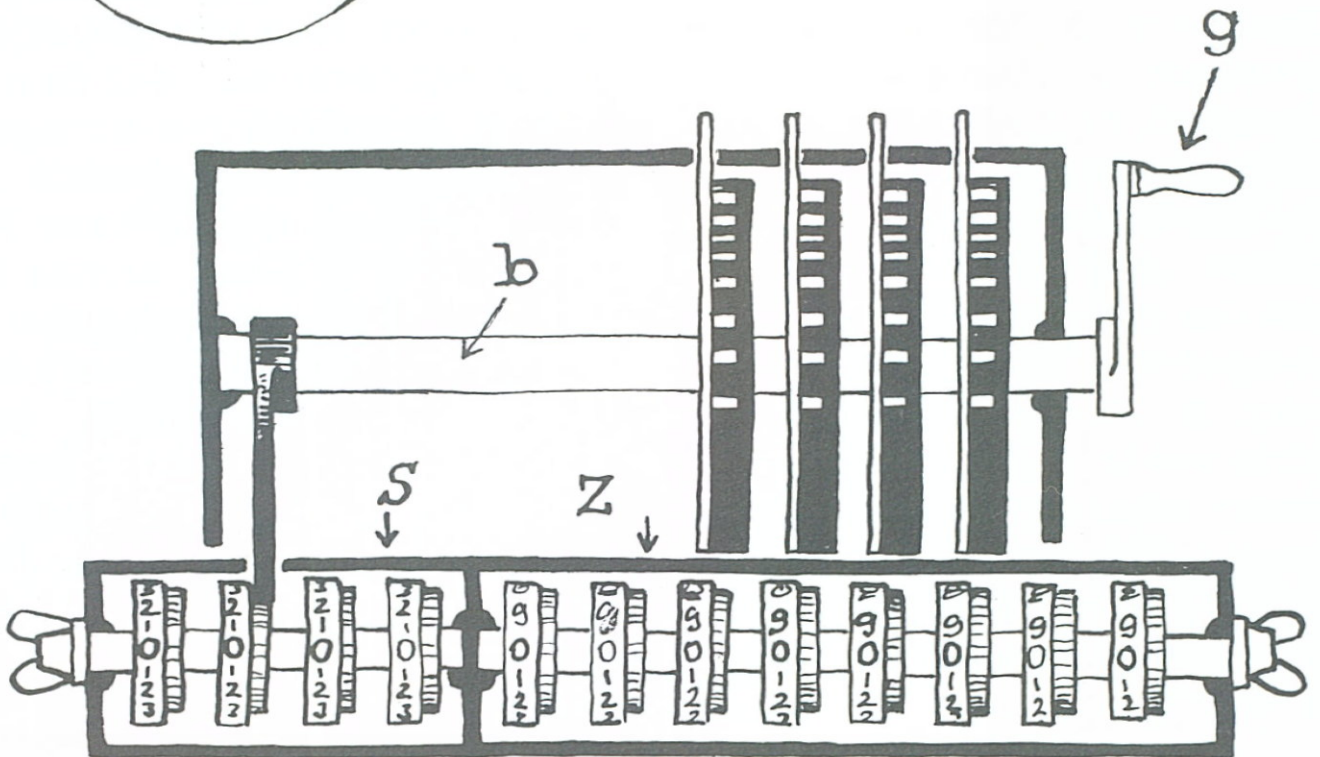
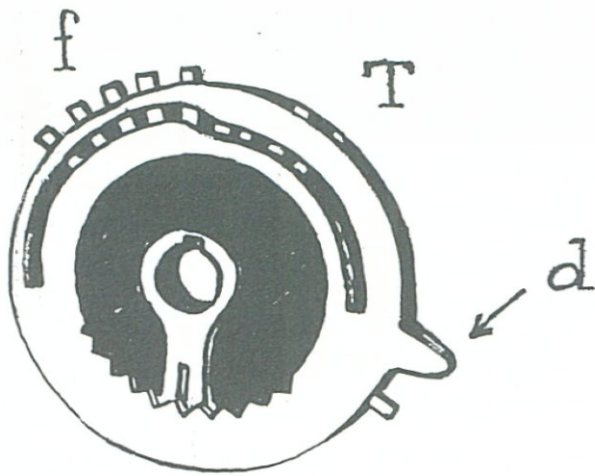
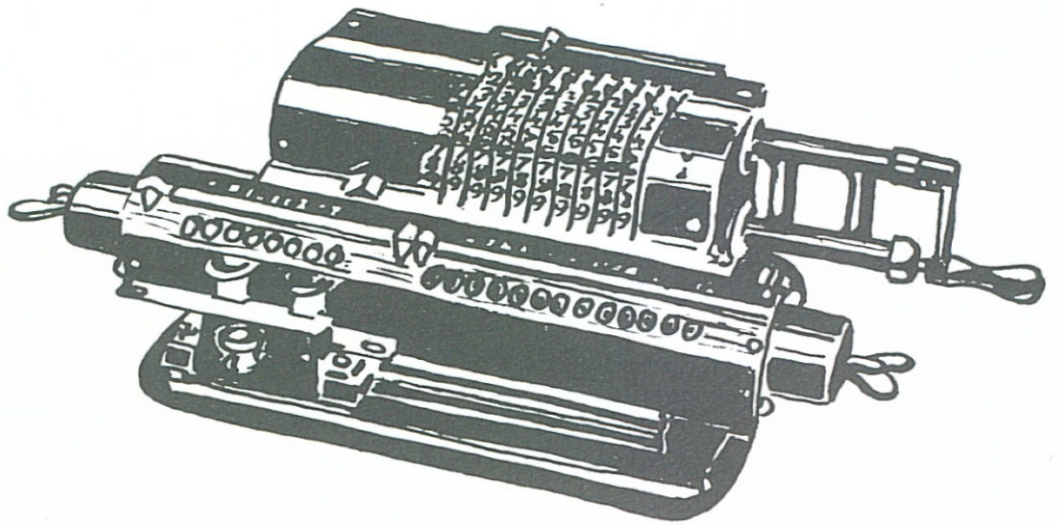
A többség azonban elfordult az abakusztól és az egyre hatékonyabb, egyre szélesebb felhasználási területet felölelő algoritmusokat követte. Ahogy szaporodtak a tudományos és a termelési tapasztalatok, egyre több szabályt ismertek meg. Descartes írta: „Minden megoldott probléma szabállyá vált, amely később más problémák (vagy inkább: feladatok) megoldására szolgált”. De újabb nehézség támadt: rohamosan nőtt a számításigényes feladatok száma, és az algoritmus sem sokat segített a tömeges számítások fáradságos munkáján.



Közbeszól a mechanika

Rohamosan fejlődött a kereskedelem és a gazdaság, egyre sokasodtak a számítások, de fejlődtek a termelésben használt gépek is. A későbbiekben még visszatérünk arra, hogyan fejlődtek ki a kerékből a különféle vezérlőmechanizmusok, bütyköstengelyek, harangjátékok, és mindez a *mechanika* tudománnyá válásával és vele szoros kölcsönhatásban ment végbe. A mechanika csodálatos sikerei, szellemes eszközei szinte bódultságban tartották a kor tudósait és filozófusait. Immár „pontos” magyarázata lett a csillagok, bolygók mozgásának, „parányi” szerkezetekkel mérték az időt. A mechanika mindenre képes és mindent megmagyaráz: valójában egész világunk egy nagy óraszerkezet. Ez az a kor, amelyben mindent – a világ egészét és minden részletét – mechanikai, óraszerkezeti modellre akartak visszavezetni, amelyben a mechanikai szerkezetek tökéletesítésével még örökmozgót is készíteni akartak. Magától értetődő, hogy a számításokhoz is szellemesebbnél szellemesebb mechanikai szerkezeteket állítottak elő. A csillagászati táblázatok összeállításához óriási mennyiségben kellett szorzásokat elvégezni. Ezt igényelte egy új tudományág, a „háromszögek mérése”, a *trigonometria* is. (Ez az elnevezés nyomtatásban először 1595-ben jelent meg, névadója Pitiscus.) Szükségessé vált a szorzás algoritmizált, monoton, gépies munkájának gépesítése.

Leonardo da Vinci maga is szerkesztett számológépet. 1623 szeptemberében Wilhelm Schickard levélben értesítette barátját, Johannes Keplert, hogy sikerült fogaslécekkal és -kerekekkel számológépet készítenie. Sajnos ennek képe csak vázlaton maradt fenn (a 30-éves háború az eredetit elpusztította); néhány éve azonban elkészült a rekonstrukciója. Gépével nemcsak összeadni – kivonni, hanem szorozni – osztani is lehetett. Pedig ekkor már kevésbé volt szükség a szorzásra! 1614-ben ugyanis egy zseniális skót báró, Napier (műkedvelőként) feltalálta a logaritmust, és ezzel lehetővé tette, hogy a szorzást összeadásra vezessük vissza. (1650-ben Pattridge megalkotta az első logarléccet.) Ennek ellenére továbbra is készültek számológépek. Napier maga is létrehozott egyet, amellyel 10-jegyű számokat néhány másodperc alatt összeszorzott. Hasonló gépet alkotott az angol Morland és 1642-ben a francia Pascal. Az utóbbit ma is megcsodálhatjuk! Az óraszerkezetekből átalakított összeadómasinával a fiatal Pascal apjának akart segíteni, akinek hadbiztosként rengeteg adóbehajtási számítást kellett elvégeznie. A német Leibniz ezt a gépet továbbfejlesztette, és 1672-re szorzásra és osztásra is alkalmassá tette. Ezekkel a gépekkel tízszer, százszor gyorsabban lehetett elvégezni az alapműveleteket, mint a korábbi abakuszos módszerrel.



Segít az elektromos motor

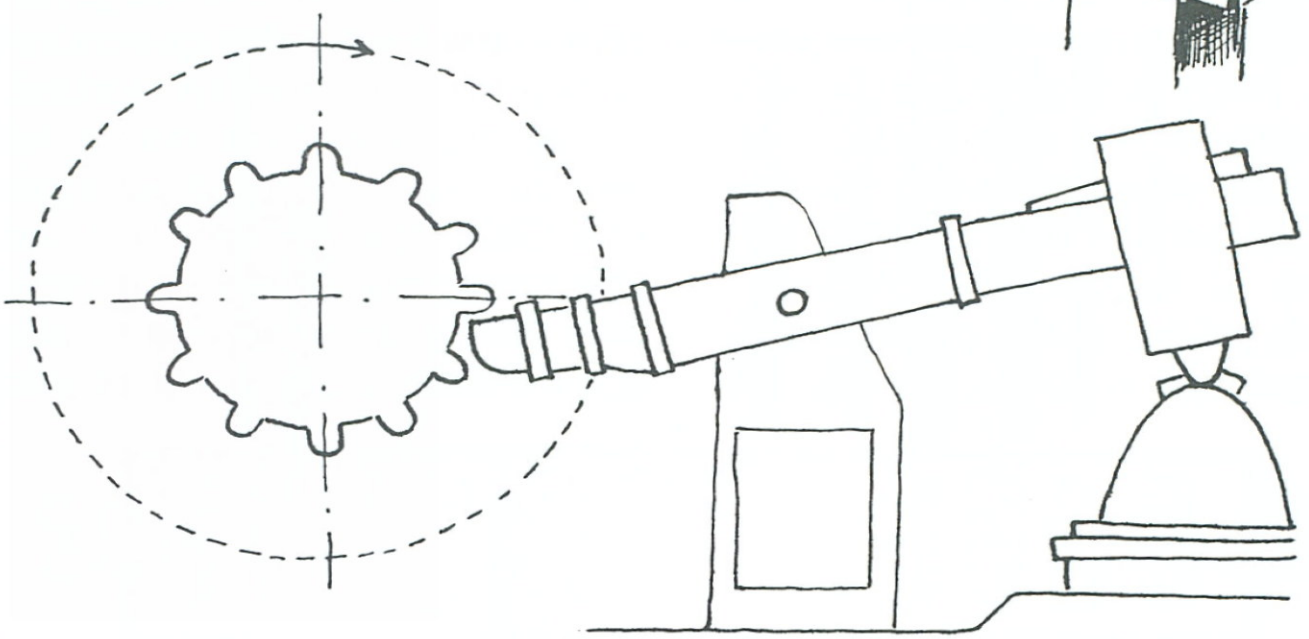
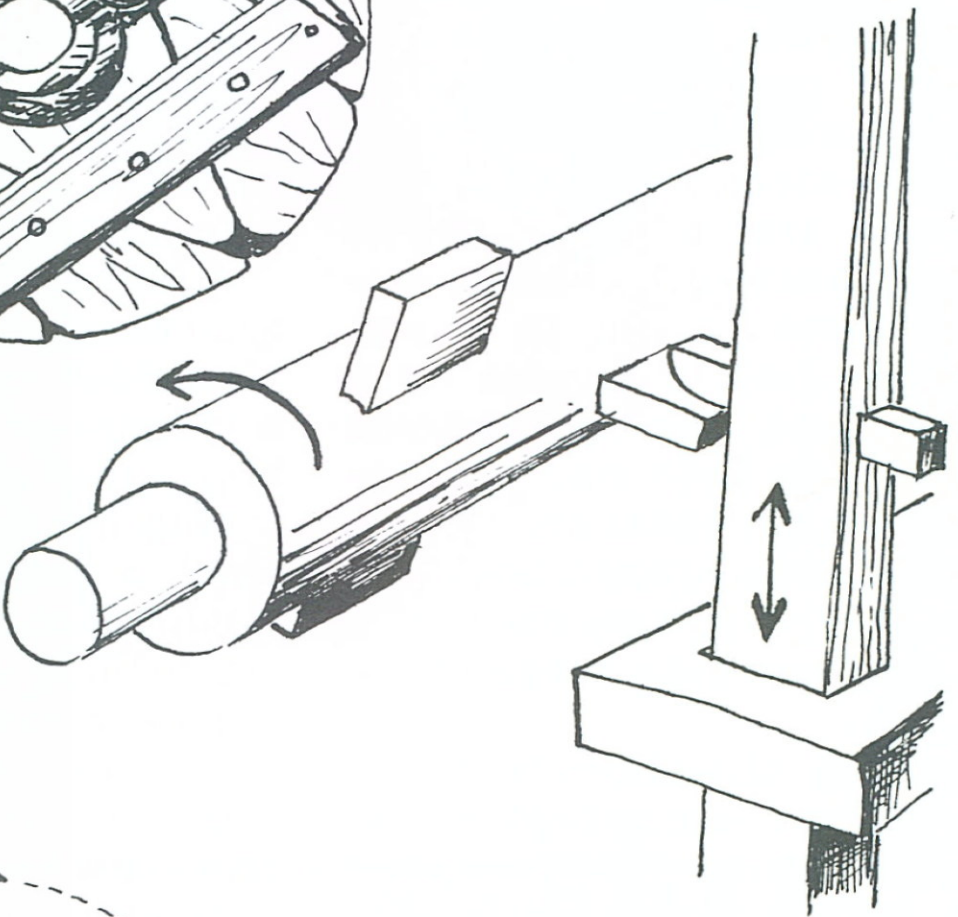
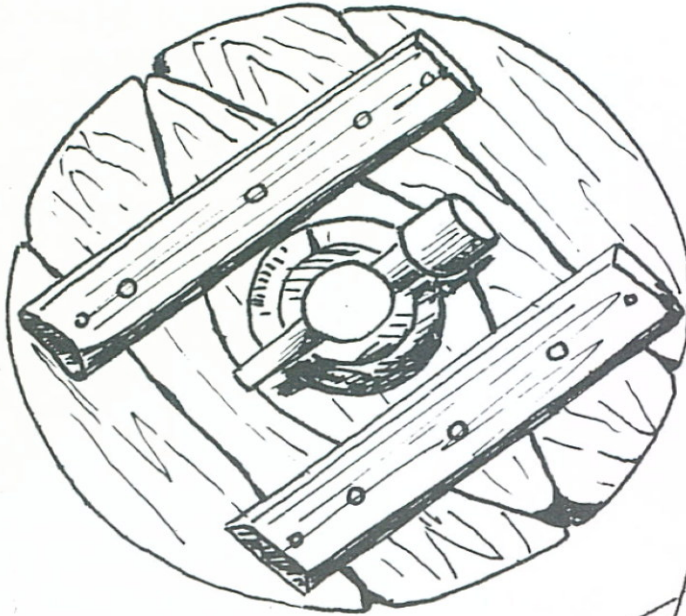
Az alapléveletek tömeges elvégzésére még ma is használnak (igaz, egyre ritkábban) Pascal és Leibniz elgondolásaihoz hasonló gépeket. Ezek alaptípusát 1887-ben készítette el a svéd Odhner. A működés elve egyszerű és az ábrán jól követhető. Lényegében egy bütökötárcsa, csak éppen a bütökök száma változtatható. A T tárcsákon a mozgatható d pecekkel beállítjuk a szorzandónak megfelelő számértéket. A tárcsa szélén ennek megfelelő számú (f) bütök válik szabaddá. A g karral megforgatva a b tengelyt, S -nél leolvasható a fordulatok száma (a szorzó számértéke) és Z -nél a szorzat. Ez a szerkezet egyszerű; vele a számolás gyorsabbá vált, de azért napokon keresztül sokjegyű számokat szorozni és osztani ezzel is nehéz fizikai munka volt. A segítséget itt is – mint oly sok területen – az elektromosság megjelenése jelentette.

A XX. század társadalmi-technikai fejlődése nehezen képzelhető el az elektrotechnika nélkül. Külön regénye van annak, hogy a legtisztább, a legjobban szállítható és alakítható energiahordozó, az elektromosság titokzatos erőből az emberiség szolgálatjává vált, áthatva az élet minden területét. Egyszerűbbé, jobbá vált a gépek hajtása, a közlekedés, a világítás; kifejlesztet-

ték a hírközlés egészen új módjait. Mindez kihatott a számítások elvégzésének gépesítésére is. Most csak annyit, hogy „nagy” előrelépés volt a saját elektromos motorral rendelkező számológép. A működés elve persze változatlan volt, de a kar forgatásának fizikai munkáját átvette a motor. (Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy az elektromosság felhasználásával szinte egyidejűleg kialakult és terjedt a rádiózás is, és ennek hatása is érezhetővé vált a számítástechnika fejlesztésében!)

A kézi és az elektromos motorral készült asztali számológépek még néhány évtizeddel ezelőtt is a legelterjedtebb irodagépnek számítottak, talán csak az írógép múlta felül számukat.

Még ma is sok helyen működnek a Facit, a Cellatron, a Mercedes és más elektromechanikus számológépek. Már majdnem itt vagyunk a modern számítógépkorszak kapujában, de azért még ne szaladjunk ennyit előre! A technika fejlődése nem érthető meg, ha csak egy szakmára fordítjuk figyelmünket. A valóságban valamennyi terület egymás mellett és egymásra hatva fejlődött és fejlődik ma is. Még ez az egyszerű mechanikus számológép sem születhetett volna meg olyan tevékenységek gépesítése nélkül, amelyeknek – látszólag – édeskevés közük van a számoláshoz.



A keréktől a bütyköstengelyig

Hagyjuk tehát „sorsukra” egy ideig a számításokat és azok gépesítését! Térjünk vissza az ókorba egy más területhez, a termeléshez! De hiszen ennek semmi köze a számítások gépesítéséhez! – mondhatná valaki. Várjunk még az elhamarkodott ítélettel!

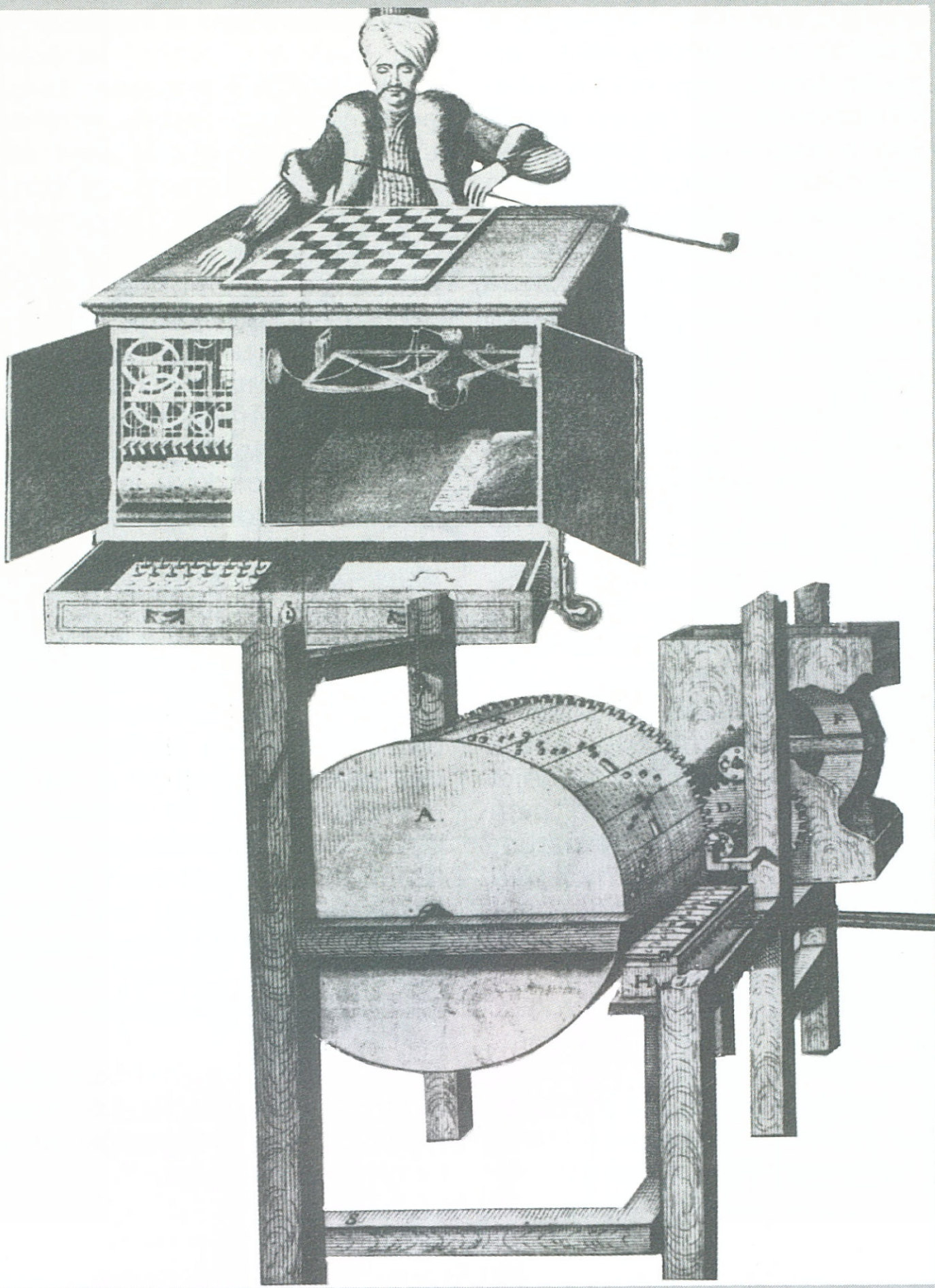
Valahol az évezredek ködös távolában már alkotott az ember valami olyat, ami „technéjének” zsenialitását különösen jól bizonyította: a *kereket*. A bot, a kőbalta, a tűz – mind olyan valami, amelyet a természet adott az ember számára. Igaz, hogy a követ és a botot át kellett alakítania, a tüzet is meg kellett szelídítenie – de kerék semmilyen formában nincs a természetben! Ki tudja, mennyi kínlódás, sikertelen próbálkozás vezetett annak felismeréséhez, hogy a szállításhoz ne csak szánt vagy fagöngőket használjanak. Hányszor hasadhatott szét a fatörzsekből leszeletelt körlemez, míg rájöttek arra, hogy abból kerék készíthető? A találmány szülőjét és születésének idejét pontosan nem ismerjük, de tudjuk, hogy az 5 évezreddel ezelőtti Ur városában már használtak kerek harci szekeret (régebbiről nincs adatunk). A kerék nemcsak a közlekedést, hanem a termelőmunkát is segítette. A fazekaskorong, a rokka éppúgy a kerékelv alkalmazása, mint azt a nevében is tükröző vízikerék. A víz „erejének” (energiájának) felhasználása nemcsak malmok üzemeltetését tette lehetővé, hanem például a kovácsolás-

helyek munkáját is megkönnyítette. Ehhez csak egy „apró” felfedezésre volt szükség: az egyenletesen forgó, de nem egyenletes kör alakú kerékkal szakaszos mozgást is elő lehet állítani. Képpünkön látható, hogy egy forgó hengeren elhelyezett egy vagy több bütyök képes kalapácsot vagy más – szakaszosan le-fel, jobbra-balra működő – szerszámot mozgatni.

Minden szerszámhoz külön kerék kell? Ugyan minek! Hamar felismerték, hogy ha a kereket egyszerűbben kialakítható *hengerrel* helyettesítik, az egyszerre több eszközt is tud működtetni. A XIII. századra már kifejlesztették és elterjesztették ezt az ún. *bütyköstengelyt*. Persze a bütyköstengely csak annyit tud, hogy igen vagy nem: ahol van bütyök, ott „igen”, ahol nincs, ott „nem” parancsot ad az eszköznek. Az „igen”-re például felemelkedik a kalapács, a „nem”-re pedig visszakerül eredeti helyzetébe, és ott is marad.

Vegyük észre, mi történt! A termelés egyes részfolyamataiban rendszeresen ismétlődő, szakaszosan egyenes irányú munkavégzésre volt szükség, pl. kalapálásra, fújtató mozgatására. Ismert volt a kerék, amely azonban csak egyenletes körmozgásra volt használható.

A nehéz fizikai munkát úgy lehetett kiváltani, ha a kereket bütyköstengellyé fejlesztik: ezzel megvalósítják az egyenes irányú mozgást.



Automatacsodák

A bütyköstengely sokat segített, de voltak olyan feladatok (pl. a harangozás), amelyek megoldásához annyi bütyökre lett volna szükség, amennyit elhelyezni lehetetlen volt. Gyakran órákon keresztül kellett 6-8 harangozónak az előírt program szerinti egyhangú mozdulatokat végeznie a tervezett dallam létrehozásához. Lehetne ezt is gépesíteni? Biztosan, hiszen tipikusan igen – nem utasításokból áll a program. A sok utasítás miatt a bütyköstengelyt ún. *vezérlődob*-bá kell alakítani. Ez egy nagy henger, amelyen bütykök százait lehet elhelyezni. Ilyen dobbal csodálatos harangjátékokat lehetett megszólaltatni, és a bütykök átrendezésével a „programot”, a dallamot is változtathatták.

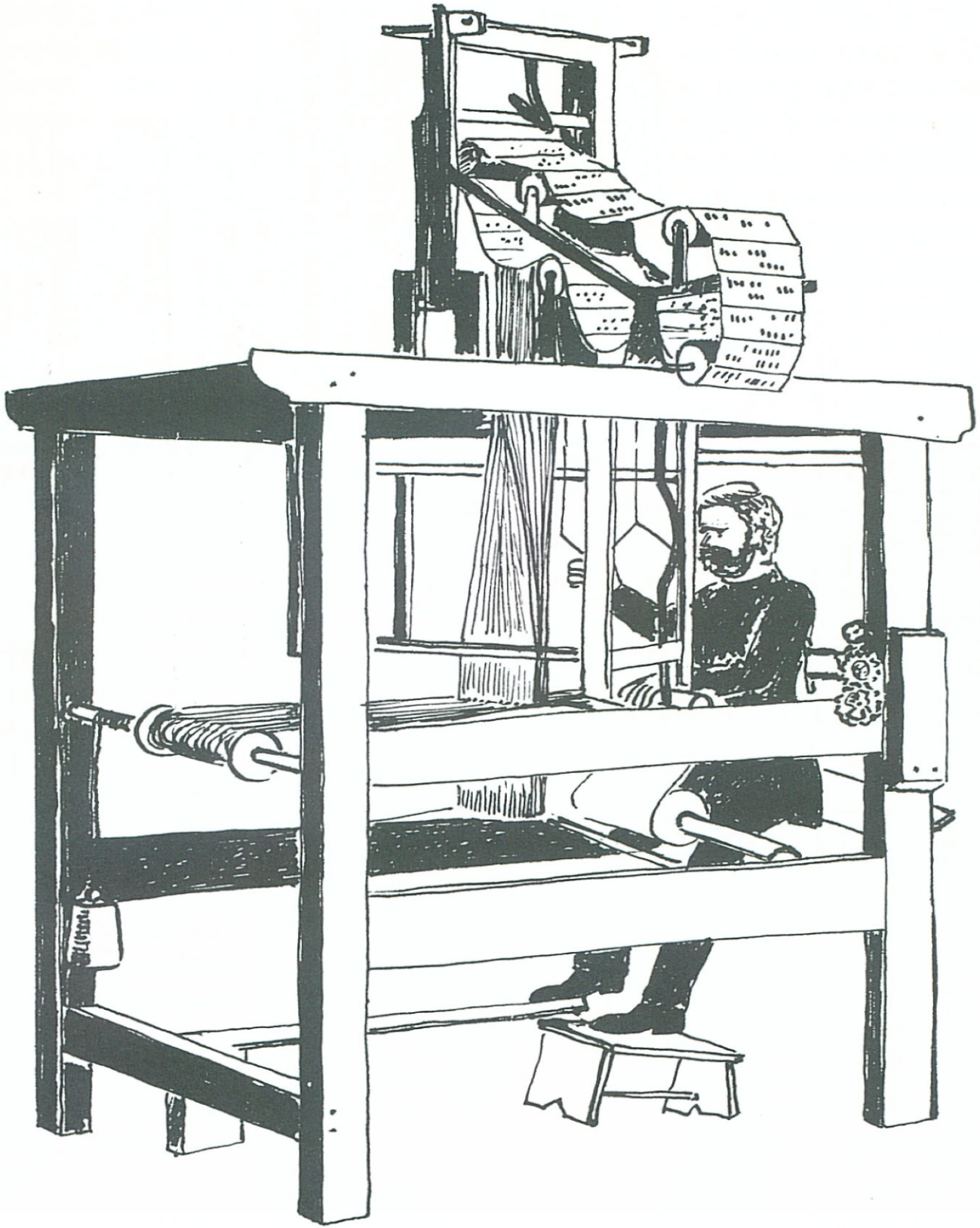
Hogyan? Talán a zene is algoritmus? Igen, ha zenének csak a hangjegyek egymás utáni sorozatát tekintjük; ennek programja a kotta. Persze szigorúan véve csak a gépzene algoritmikus, hiszen a művészi zene ennél több. (A zenei átélés művészetét sosem lehet programozni!)

Hogy is lehetett zenélni ilyen dobbal? Emlékezzünk: a kotta az egymás után következő és végrehajtandó utasítások sorozata. Ezt hajtja végre – a megfelelő zeneeszközzel összekötve – a vezérlődob. Az algoritmusban csak *igen* és *nem* lehet: minden mozdulatsor, aminek ilyen algoritmus van, bütyköstengelyekkel, ill. dobokkal vezérelhető. Az ember leleményességén múlik, hogy az összetett folyamatokat igen – nem elemekre hogyan tudja felbontani. Ha si-

kerül, már „csak” a hengert kell elkészíteni, elhelyezve a megfelelő helyeken a tuskéket. Nagy munka volt ennek kialakítása, de utána már ment minden magától, *automatikusan* (a görög automatos önmagától működőt jelent). Az automata tehát több, mint mechanizmus: olyan szerkezet, amely meghatározott programot hajt végre külső, emberi beavatkozás nélkül.

A XVII – XVIII. században nagyon sok automatát szerkesztettek. Az ábrán látható sakkozógép Kempelen Farkas műve. A sakkozó törököt egy ember mozgatta, bonyolult mechanizmus segítségével. A bámulatos szerkezetek sokaságából is kitűnnek a Jacques-Droz család két híres órasművésznének (az apa, Pierre és a fia, Henry Louis) alkotásai. Ezek nemcsak írni és festeni tudtak, de zongoráztak is, és közben fejükkel, szemükkel követték a kottát. A produkció végén pedig hajlongva megköszönték az elmaradhatatlan tapsot. Offenbachot, a zeneszerzőt is megragadták ezek a csodák, „akikről” a Hoffman meséi c. operájában is megemlékezik.

Megszámlálhatatlan azoknak az eszközöknek a sokasága, amelyek „dobbal” (vagy ahhoz hasonló szerkezettel) vezérelt automataként működtek: szökökutak, toronyórák, játékok, sakkgépek, vagy éppen a verkli. De ilyenek működnek még napjainkban is; pl. ha kicsit eltérő kivitelben is – a motorszelepek nyitásának, zárásának vezérlése, a kakukkos óra, különféle időkapcsolók és egyes játékok is.



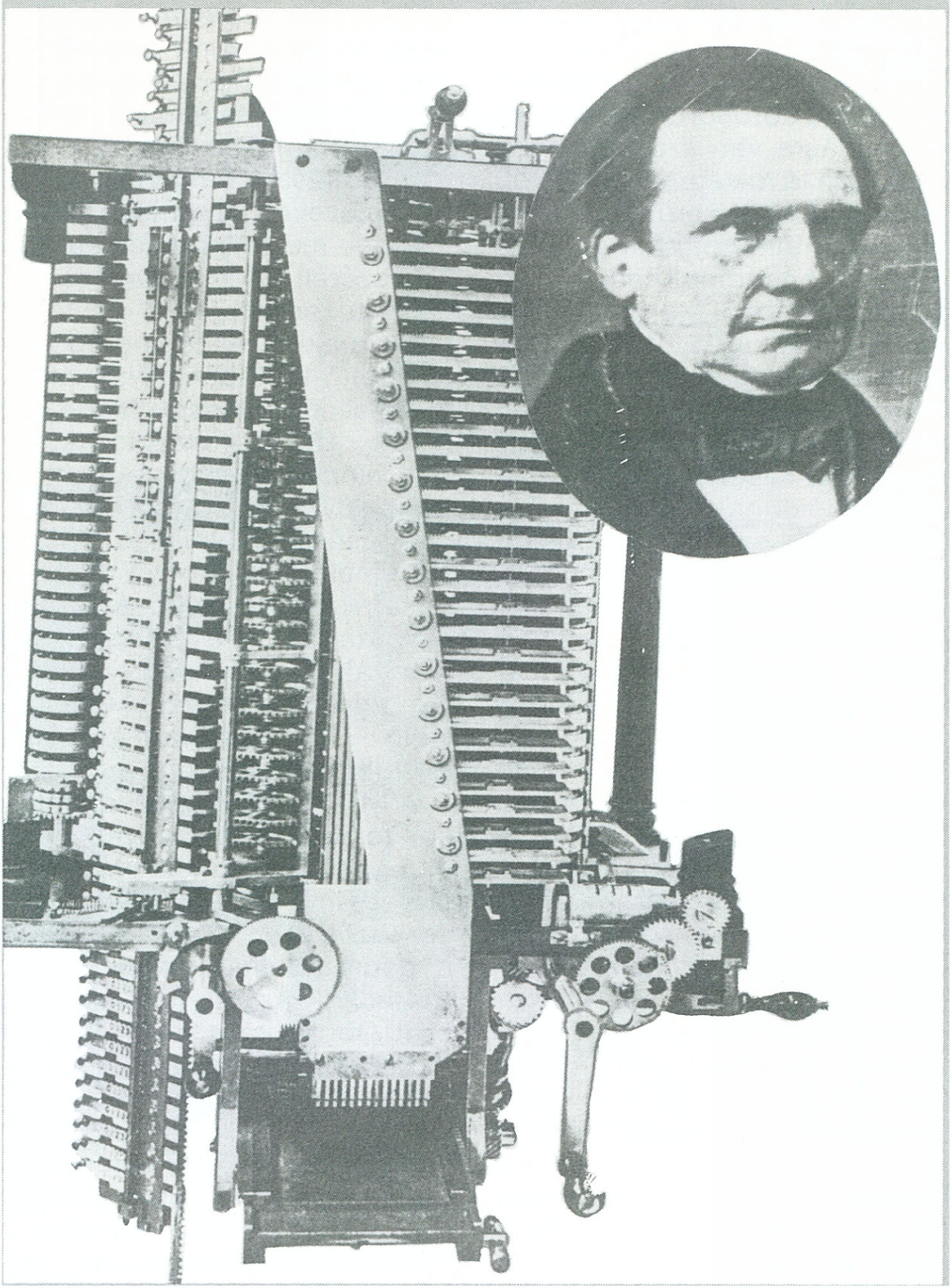
A felület elválna a hengertől

Mi van akkor, ha már annyi mozdulatellen van, hogy vezérlésükre óriási (kivihetetlenül nagy átmérőjű) dob kellene? Ha például egy körülfordulásra ezer igen – nem váltásra van szükség, és a tűskék csak 1 cm távolságra egymástól, akkor is legalább 10 m kerületű, vagyis 3 m-nél nagyobb átmérőjű hengert kell készíteni! Ilyen monstrumot nehéz elhelyezni egy gépteremben. Márpedig még ennél is több váltást igényel egy olyan bonyolult folyamat, mint pl. a mintás szövés. A szövésnél a hosszanti, ún. láncfonalak kiemelésével, ill. lesüllyesztésével kialakított szádba vezetik be a keresztező vetülékfonalakat. A láncfonalak száma több ezer is lehet, ezek mozgatásával alakítják ki a mintákat. A XVIII. század textiliparában sok-sok gyermeket alkalmaztak, akik vezényszóra emelték és süllyesztették az ún. nyüstöket. A zsinórok mozgatásának sorrendje volt a technológia algoritmus, amely attól függött, hogy milyen mintát akartak. A gyerekek monoton munkájának pontosságától függött, hogy végül milyen mintát kaptak. Megvolt hát az algoritmus, és (elvben) az azt gépesítő eszköz is. Vaucanson lyukasztott hengerrel próbálkozott, de a bonyolult mintákhoz olyan óriási hengert kellett volna készítenie, amely nagyobb a szövőgépnél. (Ugye, mennyire hasonlít a probléma ahhoz, ami miatt a bütyköstengelyt vezérlődobbá kellett fejleszteni?)

A megoldás – ma már – kézenfekvő. A XVIII. század elején a francia Bouchon (1725) és Falcon (1728) rájött, hogy nem a hengerre van szükség,

csak annak *felületére*. Fejtsük le a felületet, és készítsünk *negatív bütyköket!* Első pillanatra örülségnek tűnik, mint minden olyan találmány, amely úgy tökéletesíti a megszokottat, hogy szakít a megszokással. Falcon kis fa-, majd kartonlemezeket készített, amelyekre az igennek megfelelő lyukakat fúrt, és ezzel vezérelte a szövőszéket. (Ehhez képez Vaucanson előbb említett, de 1745-ben kialakított lyukhengere visszalépést jelentett.) 1805-ben a lyukkártyaelvet tökéletesítette Joseph-Marie Jacquard (1752 – 1834): lyukasztott kartonlapokból előállított végtelenített szalaggal már (elvileg) tetszés szerinti minták gyártására alkalmassá tette a gépet. Igaz, nem volt könnyű a mintákat változtatni. A szövőgép átállítása egy új programra – a szükséges szerelési munkák bonyolultsága miatt – 15 napig tartott. De utána – elvileg korlátlan ideig – folyamatosan készült a legbonyolultabb mintázatú szövet.

A lyukkártyás vezérlés átütő sikere a kor társadalmi viszonyai között súlyos munkanélküliséghez vezetett. Széles társadalmi mozgalom indult meg az új eszközök ellen, amelynek szélsőségesei a géprombolástól sem riadtak vissza (ők voltak az ún. luddisták, egy Ludd nevű lyoni takács követői). Pedig a nyomorról nem a gépek, hanem a társadalom tehetett. A fejlődést – tartósan – visszafordítani semmilyen hangzatos jelzővel sem lehet. A lyukkártya hosszú ideig a programvezérlés legfontosabb eszköze maradt nemcsak a termelésben, hanem a számítások körében is.



A számológép is programozható

Térjünk vissza a számításokhoz! Az arab közvetítésű indiai számjegyek és az algoritmus terjedésével szárnyakat kapott a gépesítés lehetősége. A termelés, a kereskedelem, a tudomány fejlődése egyre több számítást igényelt.

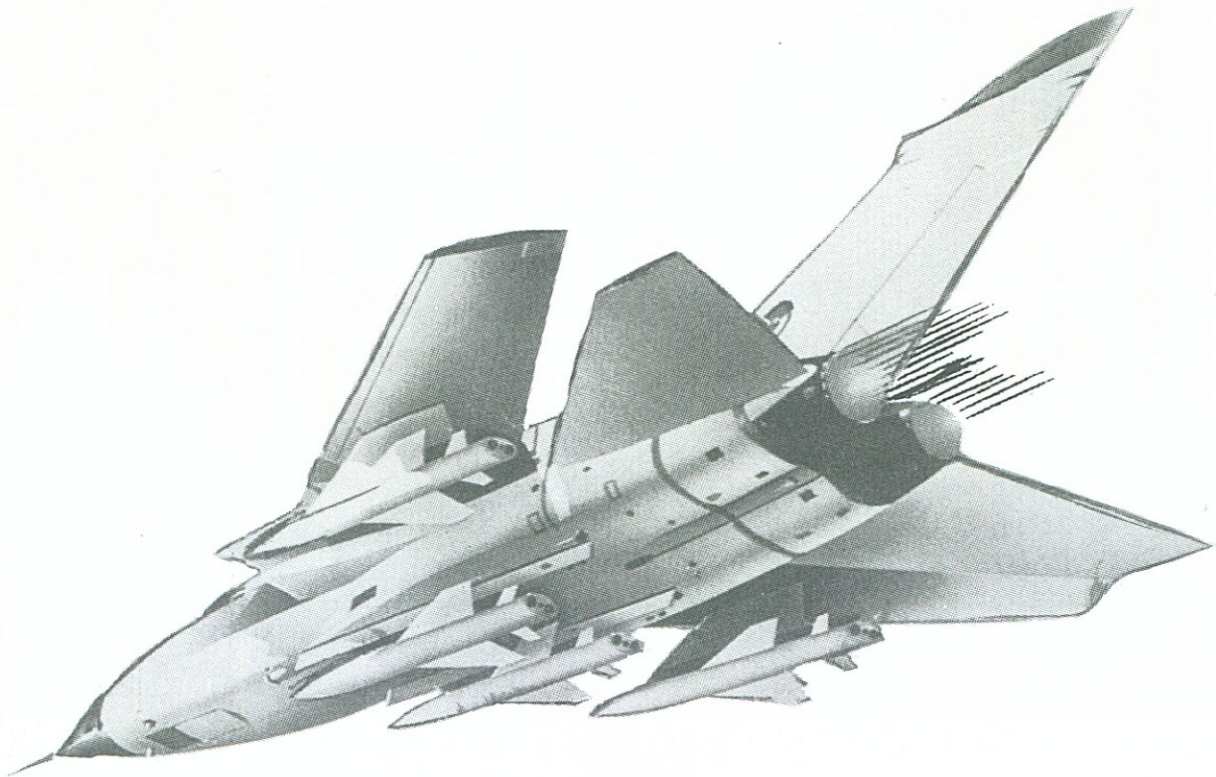
A mechanikai vezérlések csodálatos eredményei, Jacquard lyukkártyáinak a szövőipart forradalmasító sikerei mély hatással voltak a számításokkal foglalkozók körére is. Nem lehetne ezeket a mechanikai lehetőségeket a számításokban is felhasználni? Azt az utat keresték, hogyan lehet a bonyolultabb műveletek algoritmusát gépesíteni. Ha van szabálya annak, hogyan kell egymás utáni lépésekkel valamilyen kezdeti számsorból egy eredményszámra jutni, akkor miért ne lehetne a játékbabákhoz vagy a szövőgéphez hasonlóan magát az algoritmus végrehajtását is mechanizmusokkal, lyukkártyákkal irányítani?

Charles Babbage angol matematikus 1828-ban elkészítette ún. differenciagépet, amely matematikai táblázatok kiszámítására szolgált, de a modellt követően a nagy gép előállítására nem kapott anyagi támogatást. Ennek hiányában azon gondolkodott, hogyan lehetne általánosabb célú, „univerzális” számítógépet építeni? 1833-ban született meg az analitikus gép ötlete, amely lyukkártyán (!) megadott utasítások sorozatának megfelelően végezné számításait, vagyis: *programozott gép* lenne. A lyukkártya — mint a vezérlőprogram hordozója — Babbage idejében már ismert volt. Tény, hogy a számítások

gépesítésében való alkalmazására ő gondolt először, és ez teljesen új elvet jelentett. Ezért a felismeréséért tekintjük Babbage-t a számítógép egyik szülőatyjának.

Ez a gép volt további életének legfőbb célja, ezen dolgozott haláláig, 1871-ig. Ezután fia, egyes részekkel még kiegészítve, a londoni Science Museumnak ajándékozta a szerkezetet. Babbage így írta le elgondolásait: „Az analitikus gép két részből áll. Az egyik a tár, amelyben a változókat, az egyes számítások eredményeit helyezik el, a másik a „malom”, amely a változókkal végrehajtja a műveleteket. Az analitikus gép számítási képletei algebrai összefüggések. Kétfajta lyukkártyára van szükség: az ún. operációs kártyákra, amelyek a műveleti utasításokat (az algoritmust) tartalmazzák, valamint a változó kártyákra, amelyek az adatokat közlik a géppel.” (Az ilyen — kívülről beadott algoritmus alapján dolgozó — gépet külső programvezérlésűnek hívjuk.)

A számítási algoritmusok gépesítésére akkor már megvolt az igény, de a kor technikája még nem tette lehetővé megvalósítását. 1939 és 1944 között építette meg Howard Aiken, a Harvard Egyetem (USA) professzora a Babbage-elven működő első gépet, amelynek ismert neve: Mark I. Ez elektromechanikus jelzők és kapcsolók sokaságával 200 műveletet tudott percenként elvégezni. A gondolatot és a megvalósítást még 100 év választotta el egymástól.



Százszor gyorsabban

1880-ban volt az Egyesült Államokban a 10. népszámlálás, amelyen 55 millió ember adatait gyűjtötték egybe. Az adatokat 36 féle szempont szerint csoportosították, és ennek elkészítéséhez 500 munkatárs 7 évig tartó számításaira volt szükség. Gondoljuk csak el, micsoda nyomasztó az ellentmondás a társadalmi igények és a technikai lehetőségek között! Mire elkészülnek a kimutatások, már nem is igazak, hiszen 7 év alatt a társadalomban, annak összetételében alapvető változások következhetnek be. Egy 27 éves német ifjú, Hollerith Hermann (1860 – 1929) izgatottan hallgatta végig a népszámlálásról szóló beszámolót. Milyen anyagi és erkölcsi sikert jelentene, ha sikerülne olyan gépet szerkesztenie, amellyel a feldolgozás ideje lényegesen csökkenthető! Talán éppen a Jacquard-kártyák adták az ötletet Hollerith-nek, de ő „szétszedte” a kártyákból álló szalagot. Minden lyukasított kártya egy ember adatait tartalmazza, és csak végig kell menni rajtuk egy megfelelő elektromágneses számlálószerkezettel és kész az eredmény! Hollerith 1889. január 8-án kapta meg lyukkártyagépére és elektromágneses számlálójára a szabadalmat. Ezzel a géppel az 1890-es népszámlálás adatait már 4 hét alatt értékelték. Ez nemcsak világhírnevet hozott Hollerith számára, hanem anyagi elismerést is. 1896-ban alapította meg vállalatát, amelynek 1924-től a neve: IBM (*International Business Machines Corporation*: Nemzetközi Irodagép-vállalat), amely

ma is a világ legnagyobb számítógépgyártó cége.

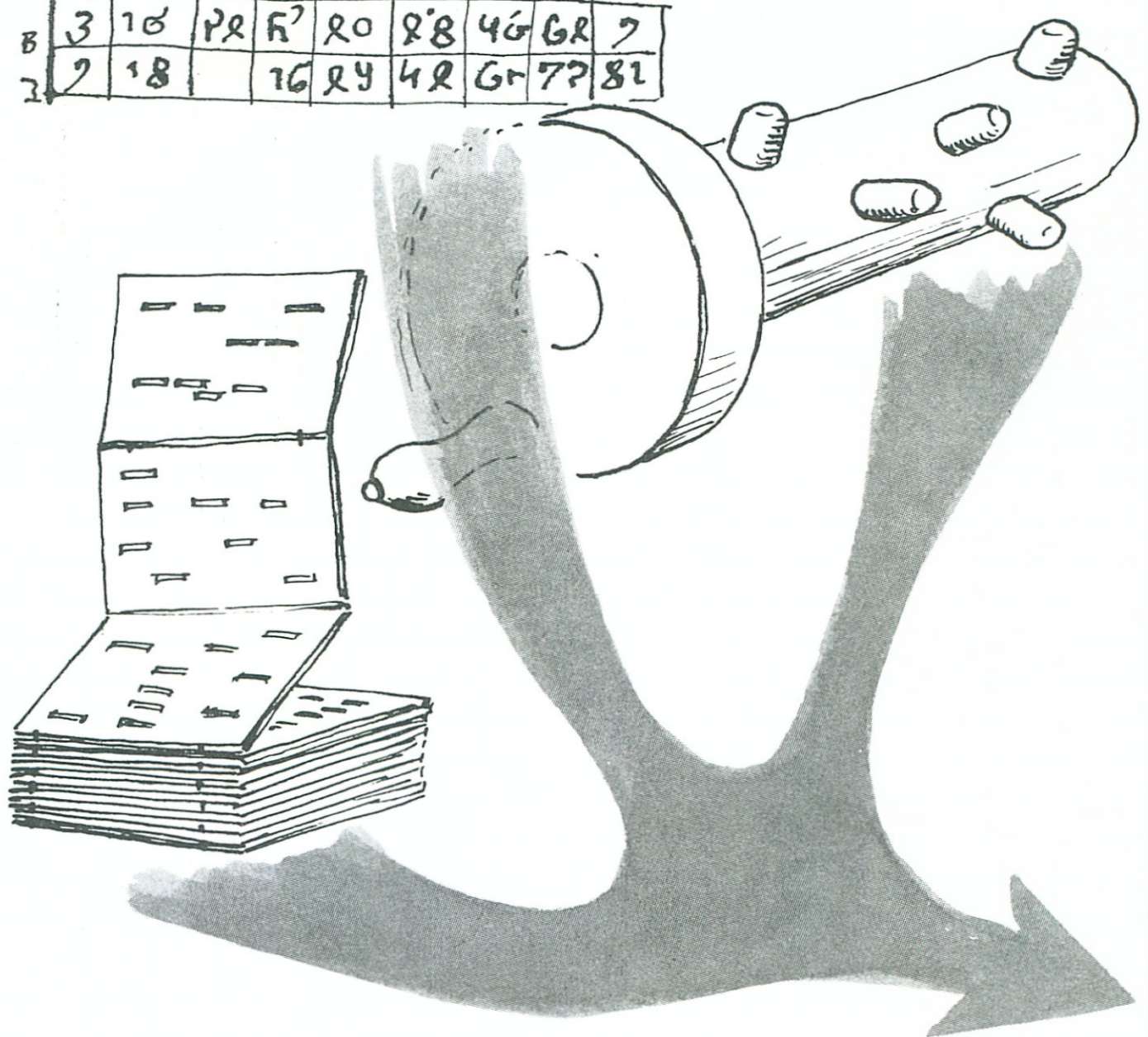
Már szinte minden készen állt arra, hogy Babbage nagy gondolatát, a programozható számítógépet megépítsék. Az elektromágneses jelfogók (az ún. relék) lényegesen gyorsabban működtethetők, mint a tiszta mechanikus szerkezetek. Előbb csak irodai tabellázógépeket készítettek, majd századunk 30-as éveitől kezdve néhány számológépet is. A német Hollerith cég 1936-os tabellázógépe még rövid számolóprogram tárolására is alkalmas volt. 1941-ben helyezte üzembe Conrad Zuse a számítógépét, amelyben 2600 relé volt. (Ha ugyanezzel a módszerrel egy mai zsebszámológépnek megfelelő gépet akarnánk építeni, az 10-emleletes épületet foglalna el!)

A XX. század tudományos és technikai számítási feladatainak megoldására túl lassú és nehézkes az elektromechanikus gépek szerkezete.

Meg kell találni a gyorsabb működésű számítógép-konstrukciót! Megnőtt a számítások iránti igény a hadászatban is. Egyes ipari és harcászati döntések meghozatalához bonyolult és hosszadalmas optimalizációs számítási munkákra van szükség. Egy nagy teremben sokszor több százan dolgoztak egy-egy számítási feladat egyes részeinek megoldásán az elektromechanikus számológépekkel.

Úgy látszik, „válságba” kerültek a bonyolultabb számításokat igénylő területek.

R	1	2							
D	2	2	F						
B	1	5	2	2					
λ	5	8	12	16	9				
G	4	10	14	20	24	6			
f	2	12	18	22	20	20	7		
D	1	12	21	22	24	27	27	8	
c	3	16	22	27	20	28	46	62	7
B	2	18		16	24	42	67	77	81



Folyt. köv.

Összkép a fejlődésről

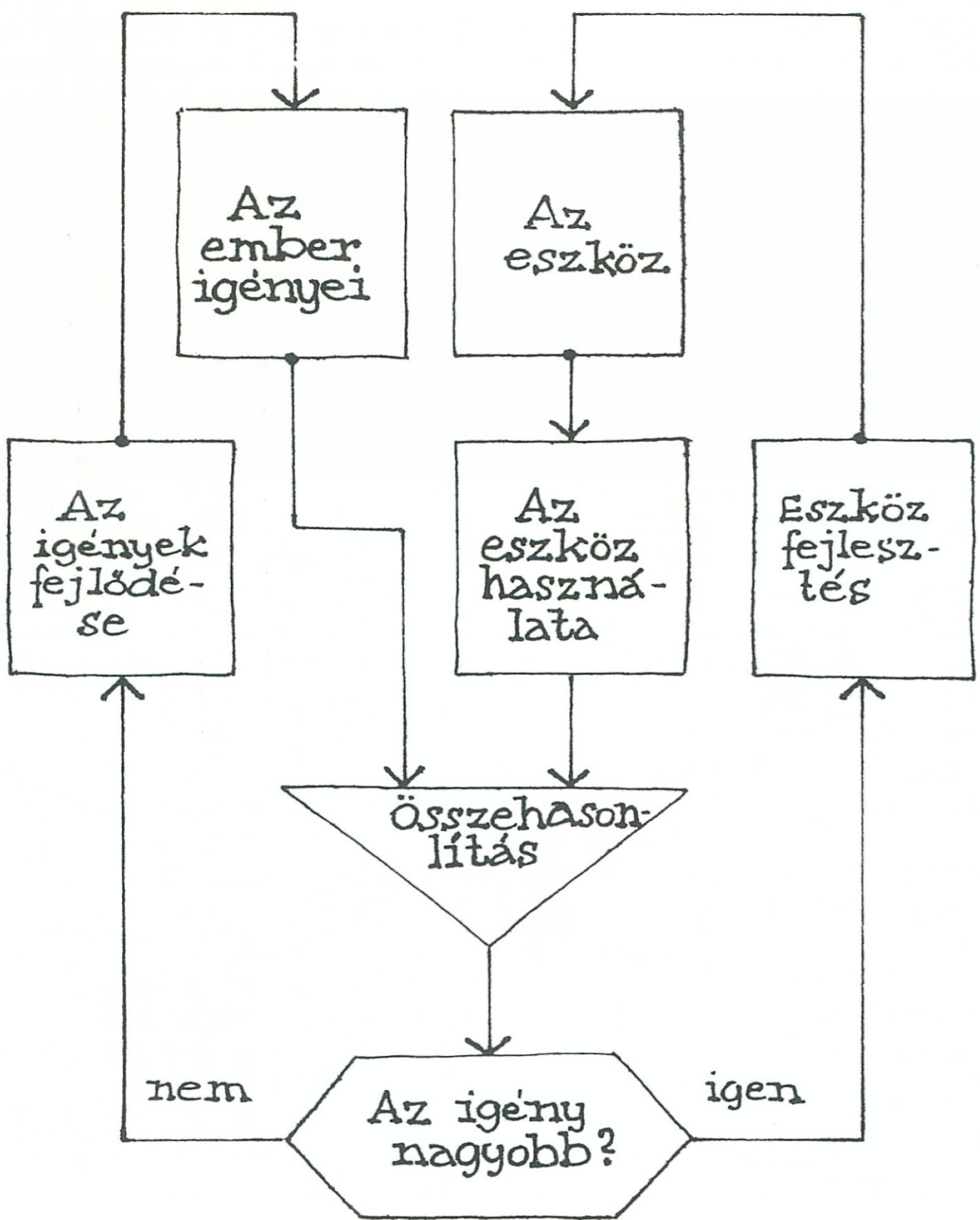
Mielőtt továbblépnénk, foglaljuk össze mindazt, amiről eddig szó volt. Lényegében három területet (a számítások, a termelés és az információszolgáltatás) fejlődéséről, annak egyes fázisairól vilantottunk fel képeket.

A számítások fejlődésének vonala valahol a történelem előtti korokban kezdődik, amikor az ember képessé vált arra, hogy elvonatkoztassa a mennyiséget a tárgyaktól. Szép áttekintését adja ennek Filep László és Beleznai Gyula: A számítás története c. népszerű könyve, vagy van der Waerden: Egy tudomány ébredése c. monográfiája. Az eddigiekben e részletek nélkül is nyomon követhettük a számítást segítő technika kialakulását és fejlődését. Ezen belül két, az eszközt és a módszert fejlesztő irányzat volt. Az eszközfejlesztés termékei a kavicsok, az abakusz, a fogaskezes, mechanikus számológépek. Ide sorolhatók a különféle számológépek, amelyek mechanikus megtanulása nélkül szinte lehetetlen volt a nagy tömegű számításokat elvégezni. A módszerek (az algoritmus) őseivel először az egyiptomi papyrusokon, majd ezt folytatva a görög matematikában találkoztunk. Fejlesztése napjainkig tart. (Sőt, éppen az elektronikus számítógépek korszakában válik különösen jelentőssé az algoritmuselmélet!) Ez a két irány (a számítások eszközei és módszerei) Babbage terveiben olvadt egygyé, és válik a modern számítástechnika, az algoritmikus gépek elvi alapjává.

A másik vonal a termeléssel van szoros összefüggésben. Kezdődik valahol a kerék feltalálásánál, folytatódik a bütyköstengelyekkel, majd a vezérlődobbal. Évszázadok tapasztalatai vezették rá az emberiséget arra, hogy az egyes munkafolyamatokat igen – nem utasítások sorozatára lehet felbontani. Még nem tudták, de már csinálták: algoritmizálták a termelést. Az utasítások számának növekedése tette szükségesé, hogy a vezérlődob (amelynek mérete tovább már nem volt növelhető) helyett vezérlőkártyákkal irányítsák a folyamatot. Létrehozták az első lyukkártyavezérelt gépeket a szövőiparban. A vezérléstechnika korunkban önálló tudománnyá fejlődött, a kibernetikává.

A harmadik vonalat talán az információtechnika vonalának nevezhetnénk. Azon szerkezetek, ill. gépek fejlesztése tartozik ide, amelyek a társadalom, vagy annak kisebb csoportjai információs igényeivel kapcsolatosak. Itt a legfontosabb mozzanatra, a lyukkártyák informatikai felhasználására utalunk. Zseniális felismerés volt, hogy az emberek adatait ugyanúgy igen – nem utasítások sorozataként lehet megadni, mint a szövőgép mintázatát. (Az információ ilyen kódolásának előzményeit is megtalálhatjuk a történelemben, pl. a rómaiak fáklyás üzenetközvetítési hálózatában.)

Korunk információáradatának kézben tartása aligha lenne elképzelhető ezen felismerés nélkül.



A technika fejlődése

Eljutottunk a XX. sz. első feléig. Történeteink nemcsak a modern számítógéptechnika előzményeinek, hanem a technika általános fejlődési törvényeinek bemutatására is szolgáltak. Tévedés azt hinni, hogy a technika története a nagy feltalálók életrajzának és alkotásának időrendi felsorolása, mert a történelmet nem az egyes emberek, hanem a társadalom egésze formálja. Közismert, hogy az ókori Görögországban Heron már mindent ismert, ami egy gőzgép megalkotásához szükséges; a gőz erejét mégsem termelési célokra használta fel, mivel nem volt társadalmi igény a gőzgépre. Ugyanakkor hiába van társadalmi igény valamire, ha a technika adott fejlettségi szintjén azt nem lehet megvalósítani.

Az itt következő – a korábbiaknál látszólag bonyolultabb – gondolatmenetet érdemes figyelmesen végigkövetni, mert olyan vezérfonalat ad, amely a technika történetének sokszínű és eseményekben gazdag világában eligazít. A technika fő fejlődési vonala valóban a leírt sémát követi, de ez nem jelenti azt, hogy minden apró részletében, minden eseménynél ezek, és csak ezek az összefüggések uralkodnak.

A kiindulópont mindig a meglévő helyzet. Rendelkezésünkre áll valamilyen eszköz, és igényünk is van arra, hogy ezt az eszközt használjuk. Az eszközről a használat során derül ki, hogy mire alkalmas, mit tud nyújtani. Ezt összehasonlítjuk előzetes igényeinkkel, és ennek alapján három eset lehetséges.

Első legegyszerűbb eset, amikor az eszköz pontosan azt adja, amit vártunk

tőle. Ilyenkor tovább használjuk, és e használat során egyre ügyesebbek leszünk, jobban megismerjük magát az eszközt és használatának módját is. Ennek során eljuthatunk egy olyan pontig, amelynél kiderül, hogy eszközünk valójában másra is képes, mint amit vártunk tőle. Ez a második lehetőség, amelyhez az ember rendkívül gyorsan képes alkalmazkodni: igénye megnövekszik, és most már ettől – ill. az ehhez hasonló eszközöktől is – az újabb igénynek megfelelő működést várja el. Az igényt fejleszthetik belső indítékok vagy külső hatások is, és olyan szintre fejlődhet, amelynek meglévő eszközeink már nem felelnek meg. Ez a harmadik változat tehát, amikor igényeink nagyobbak az eszköz által nyújtott lehetőségeknél. Egyfajta válsághelyzet lép fel: feszültség a lehetőségek és az igények között. Ezt a feszültséget fel kell oldani! Lehet, hogy a feszültséget az eszköz nem megfelelő, nem teljes hatékonyságú használata okozza. Nem lehet-e ügyesebben, célszerűbben működtetni eszközünket?

Ha igen, akkor tudásunk növelésével már – átmenetileg – megszüntettük a feszültséget. Ha nem a tudással, hanem magával az eszközzel van a baj, akkor a feszültség már alkotásra kényszeríti az embert: a meglévő eszközt fejleszteni kell.

Ebben a fejlesztésben nemcsak az adott eszközzel szerzett eddigi tapasztalataink, hanem más szakmák, még a művészetek is segítségünkre lehetnek. Eredményként egy új eszköz áll előtünk, és a folyamat kezdődik előlről.



Mark I.: kb. 20 kapcsolás/s



Mai
mikroszámológép:
kb. tízmilliárd
kapcsolás/s

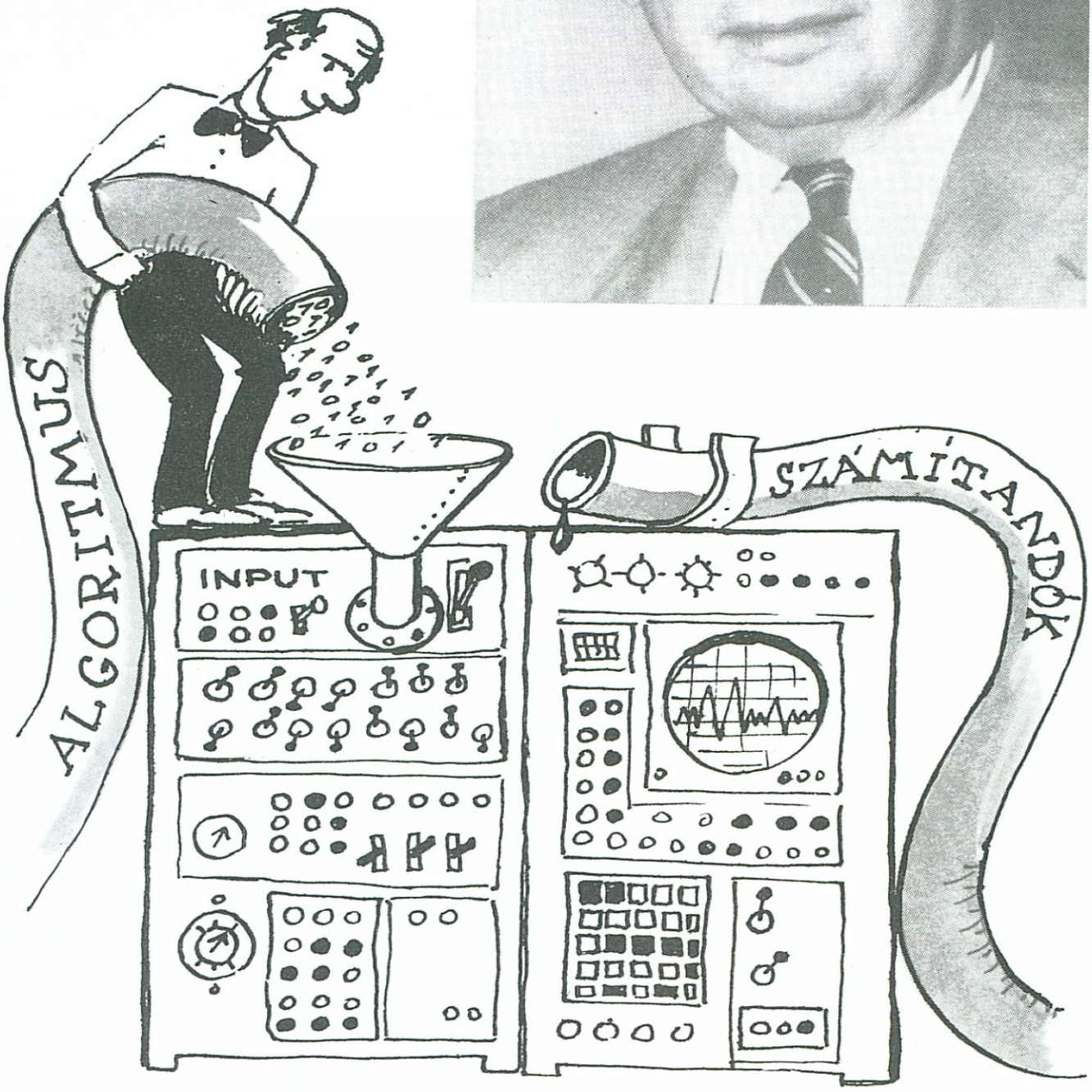
Megszületik az elektronikus számítógép

Századunk 40-es éveiben már több olyan terület volt, ahol számítógépek segítettek a mérnökök és tudósok munkáját. A II. világháború alatt a számítási igények tovább nőttek. Az angolok 1943-ban megépítették kolosszusukat, amelynek feladata a német tengeralattjárók üzenetei kódjának megfejtése volt. (Íme: ez nem is annyira számítógép, mint inkább információs gép.) Szó volt már a cambridge-i monstrumról, amelyet Howard Aiken épített Babbage tervének megvalósítására. Ennek a polgári neve Mark I. volt. A gép 760 ezer elemet és 800 km-nél több vezetékert tartalmazott. Két szám összeadásához $\frac{1}{3}$ másodpercre, összeszorzásához 6 másodpercre volt szüksége, de a számok akár 23 jegyűek is lehettek. Nem sokkal később a gépet Mark II. és Mark III. néven továbbfejlesztették. Az előbbi még elektromechanikus, az utóbbi már elektronikus működésű volt. A gépeket gyártó cég neve jól ismert: IBM. Tőlük függetlenül építette meg Conrad Zuse a kis, Z3 jelű számítóautomatáját.

Az emberiség megízlelte a számítás gépesítésének lehetőségeit, és ez fokozta étvágát. Hogyan lehetne gyorsabb gépeket készíteni? Ne feledjük, századunk 40-es éveiben vagyunk, amikor már a rádiózás megszokott és mindennapi dolog! Az új tudományág, az elektronika – az irányított elektronok elmélete – alapjaiban már kialakult. Mai szemmel nagyon egyszerűnek tűnik az amerikai John V. Atanasoff, az Iowa State College professzorának javaslata, miszerint az elektromechanikus alkatrészek helyett elsősorban elektroncsöve-

ket építsenek be egy számítógépbe. Tanítványa, J. W. Mauchly, H. G. Goldstine és J. P. Eckert közreműködésével 1943. május 31-én kezdi el a kivitelezést a philadelphiai egyetemen. 1943–1945 között épült meg az *Electronic Numerical Integrator And Computer* (elektronikus numerikus integrátor és számítógép), rövidítve: ENIAC. 18 ezer elektroncső, 6000 kapcsoló, 1500 relé, 70 ezer ellenállás és 10 ezer kondenzátor volt a gépben. „Szédületes” sebességével 333 szorzást és 5000 összeadást tudott másodpercenként elvégezni, mintegy 500-szor volt gyorsabb a Mark I.-nél. (Ez a gép még tízes számrendszerben dolgozott.) 1946. február 15-én egy sajtóértekezleten jelentették be a gép üzembiztos működését. Nagy büszkeséggel közölték, hogy volt már olyan 12 órás műszak is, amelyben több órán keresztül hiba nélkül működött a gép. Ez valóban új korszak a számítások gépesítésének történetében!

Az elektromechanikát felváltotta az *elektronika*, de a gép programozása nagyon nehézkes volt. A régebbi telefonközpontokhoz hasonlóan huzalozásokkal, dugaszolással kellett kialakítani a programot, és bizony alkatrészei sem voltak a legmegbízhatóbbak. Nem beszélve arról, hogy teljesítményfelvétele kb. 140 kW volt, amelynek nagy része (az igen alacsony hatásfok miatt) a környezetet fűtötte. Méretei egyenesen „lenyűgözőek”: 30 m hosszú, 3 m magas és 1 m széles volt: elhelyezésére egy óriási termet kellett kiüríteni. Tömege 30 tonna volt, és építése 10 millió dollárba került!

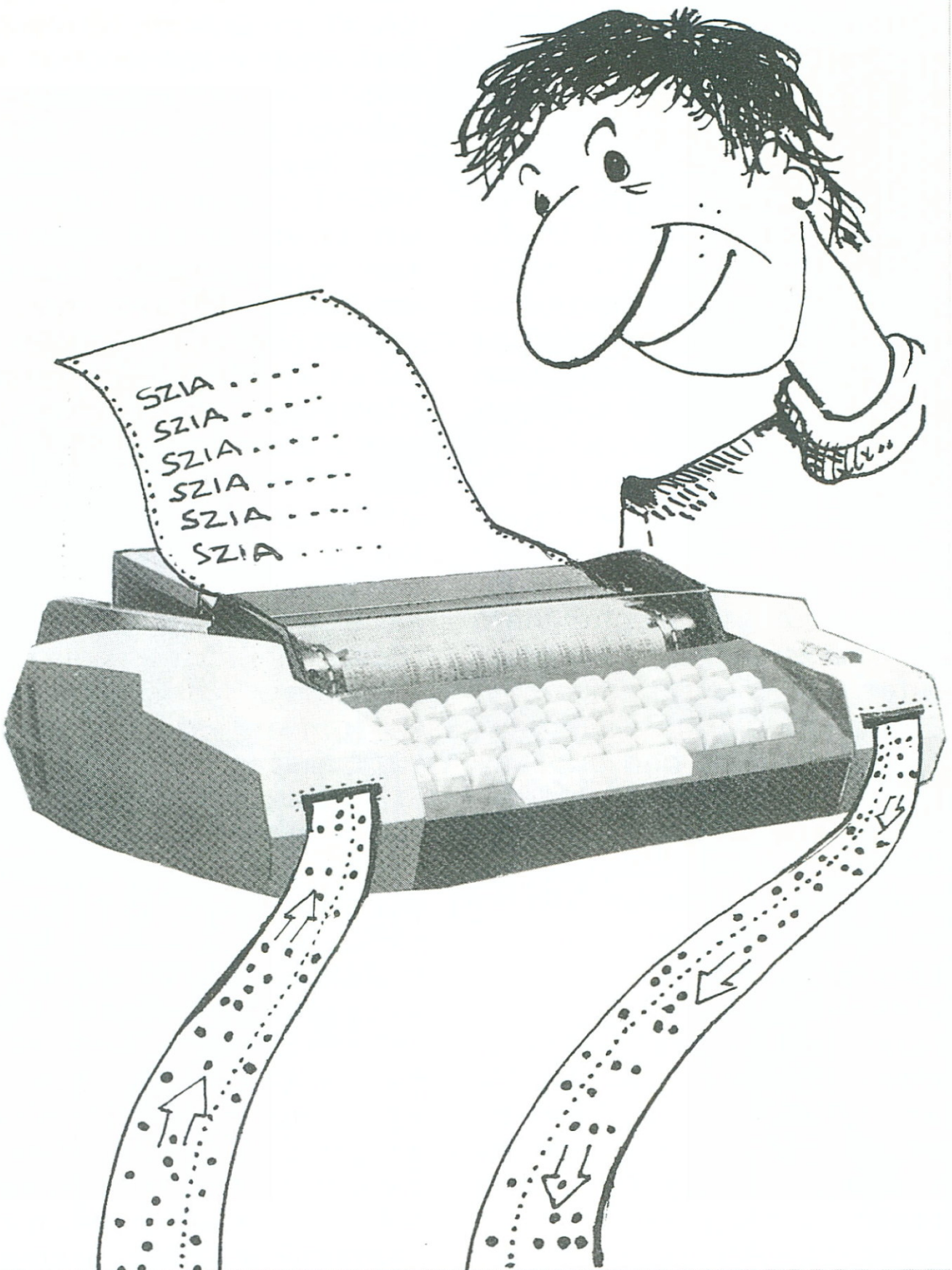


Neumann János

Egy véletlen találkozás új irányt adott a számítógépek fejlesztésének. Neumann János, a magyar származású világhírű tudós, a háború utolsó éveiben tanácsadóként Los Alamosban dolgozott, ahol a legnagyobb titokban az atombomba kifejlesztésével foglalkoztak. Goldstine, aki az ENIAC építési munkáit irányította, 1944-ben egy pályaudvaron találkozott *Neumann Jánossal*. Megismerte és megszólította, majd hosszan magyarázni kezdte az építés alatt levő ENIAC működési elvét. Neumannt tűzbe hozta ez a beszélgetés, és rövidesen személyesen is megtekintette az építési munkákat. Ettől kezdve Neumann neve és a számítógép egymástól elválaszthatatlanok. Rájött arra, hogy a számítások algoritmusát, az ún. programot ugyanúgy lehet tárolni a gépben, mint magukat az adatokat. A gép megtanítható arra, hogy ezeket megkülönböztesse egymástól (ez a belső programvezérlésű gép alapgondolata). Neumann, Goldstine és Burks 1946-ban publikálták az elektronikus számítóberendezések logikai szerkezetéről szóló elképzeléseiket. Ebben szögezték le a 2-es számrendszer használatának és a programok tárolásának elvét. Elgondolásaik alapján a Pennsylvania Egyetemen építették meg az EDVAC-ot (elektronikus diszkrét számítógép). 1949-ben a cambridge-i egyetemen üzembe helyezték az EDSAC-ot (elektronikus, „késleltetett” tárolású automatikus számológép), amely a világ első tárolt programozású számítógépe volt.

Egy szorzás ideje 8,5 ms, egy összeadása 70 μ s, a tárolókapacitása 512 szám volt. A tárolókapacitás kicsi, nö-

velni kell. Az ekkor már ismert mágneses információátrolást (magnetofon) kézenfekvőnek tűnt felhasználni adatok, ill. programok tárolására. A 40-es évek végén mágnesdobot, majd később (1951-től) mágnesszalagos egységeket kapcsolt a gépekhez. 1951-ben az Eckert–Mauchly cég elkészítette a UNIVAC-ot (*UNIV*ersal *Auto*matic *Compu*ter); ez volt az első olyan gép, amelyet nem megrendelésre, hanem eladásra készítettek. Tervezői már „tapasztalt” számítógépesek; mögöttük volt az ENIAC és az EDSAC. Már saját vállalatuk (Computer Company) volt, amely beolvadt a Remington cégbe. Megszületett az UNIVAC II., amelynek tára 2000–3000 szavas. A számítógép „kitört” a laboratóriumokból, és bevonult a piacra. 1953-ban helyezték üzembe az első szovjet gépet, a BESZM-et (*Büsz*tradejsztvujuscsaja *Elektron*naja *Szcsot*naja *Masina*: gyors működésű elektronikus számológép), amelynek 1024 szavas elektroncsöves belső, és 5120 szavas mágnesdobos külső tára volt. A gépben már félvezetőket is alkalmaztak: 376 szavas tárolórésze germániumdiódákból épült. Ezt követte az URAL, az M I., az M II. és a SZTRELA. Utóbbihoz 200 000 szavas mágnesszalagos tárat is illesztettek. Mindezek még nehézkes óriások, lassú és kevés adatot tároló monstrumok voltak. Ez időben nagy teljesítményűnek nevezték azokat a gépeket, amelyek másodpercenként 5000–10 000 utasítást hajtottak végre. De akkor még mindegyik gép csodának számított. Számuk egyre növekedett, csak éppen programozásuk volt nehéz.



Számítások programozása

Nagyon egyszerűnek tűnt így minden. A vezérlődobokkal játékokat, kalapácsokat; a lyukkártyákkal szövőgépet, számlálószerkezeteket lehetett irányítani; vagyis mindent, aminek algoritmus van. Algoritmus a számításoknak is van, tehát azok is irányíthatók, csak a vezérlőszervek nem mechanikus vagy elektromechanikus egységek, hanem elektroncsövek. Mivel a vezérlőkártyák csak igen – nem utasításokat ismertek, ezért a lyukkártyákkal irányított számításokat is ilyen igen – nem utasítások sorozatára kellett felbontani. Az igen – nem a számok körében az 1-nek és a 0-nak felel(tethető) meg. Valóban, a számítógépeket a 0 és 1 értékek sorozatával kell irányítani, és az adatokat is ezzel ábrázolják. Lényegében a mai számítógépek is csak ezt tudják; ezért mondjuk azt, hogy a számítógépek „természetes” nyelve a 2-es (ún. bináris) számrendszer. Ennek egysége (az angol *binary digit* rövidítéséből) a *bit*. A számítástechnika fejlesztői hamar rájöttek arra, hogy egyszerűbb megtanítani a számítógépet egy, az emberhez közel álló nyelv megértésére, mint száz ezreket megtanítani a bináris számrendszerrel leírható programozásra.

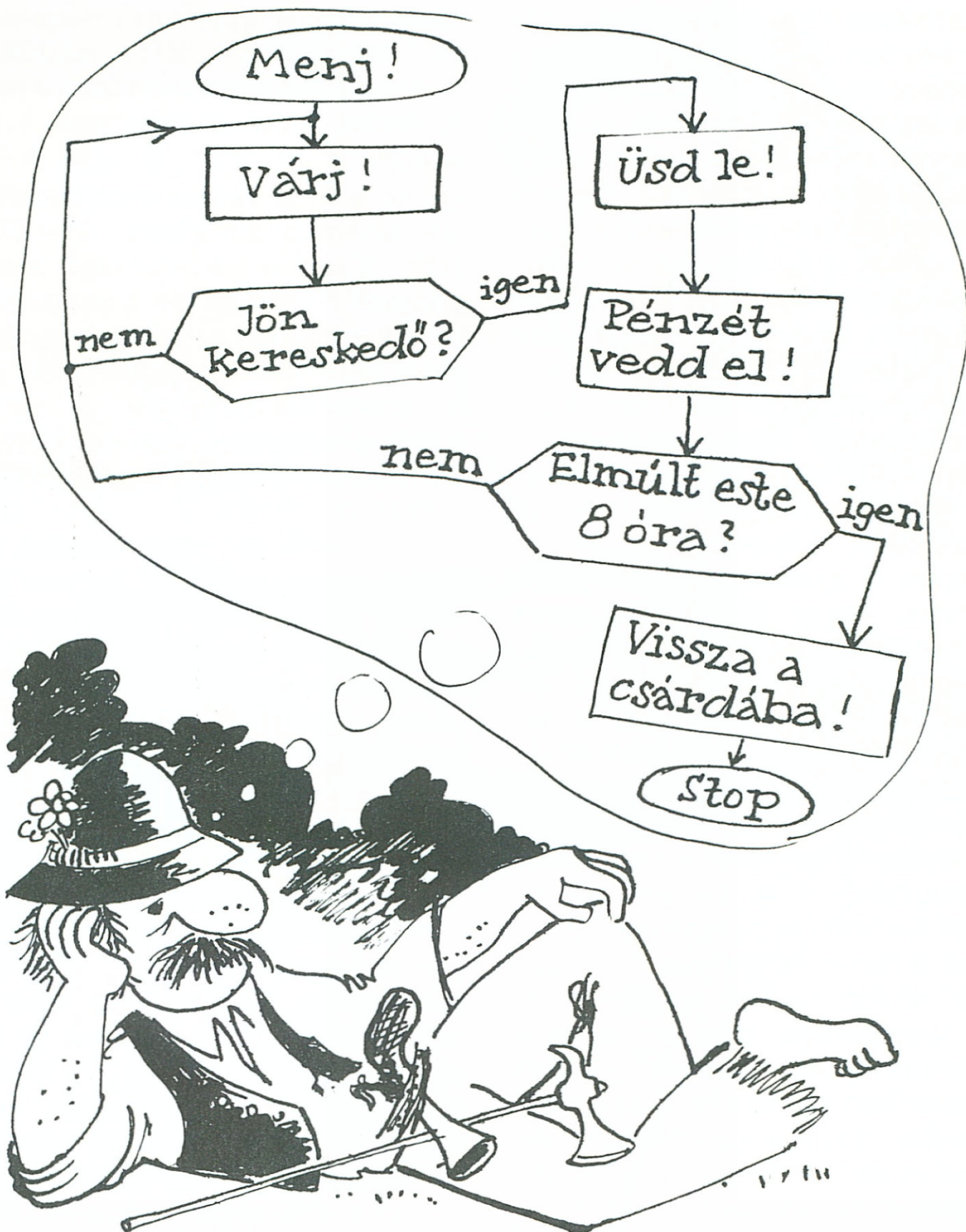
De azért ejtsünk néhány szót a gép „nyelvéről” is! Azt ma már az általános iskolás is megtanulja, hogyan lehet a tízes számrendszer számait kettes számrendszerben ábrázolni. Csak annyit kell tudni, hogy a számjegyeknek helyértékük is van. A helyérték az alapszám megfelelő hatványait jelenti. Pl. a tízes számrendszerben a tizedespontról balra 10^0 , 10^1 , 10^2 , ..., jobbra 10^{-1} , 10^{-2} ,

....

Bármely más számrendszerben hasonlóan számolnak. Emlékeztetőül: a babiloniak 60-as számrendszert használtak, így az egyes számjegyeket rendre 1, 60, 3600 (= 60^2), 216 000 (= 60^3), ... helyértékekkel szorozva értelmezték. A kettes számrendszerben a helyértékek 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 , ..., ill. a 2^1 , 2^{-2} , 2^{-3} , ..., így pl. a tízes számrendszerbeli 9 a kettes számrendszerben: $2^0 + 2^3$, vagyis 1001. Ezzel a mechanikus számológépekben használatos bonyolult bütökbeállításnál lényegesen egyszerűbben lehet számokat ábrázolni. De nemcsak a számokat, hanem a betűket is. A telexszalagon 5 lyuk kombinációjával bármely betű kódját egyértelműen megadhatjuk.

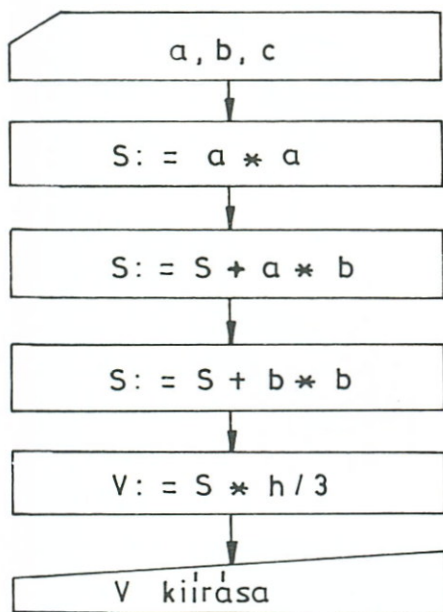
Neumann János tanácsára azonban nemcsak az adatokat, hanem a programokat is ugyanilyen alakban tárolják a gépben. Természetesen ez az „ugyanilyen alak” azt jelenti, hogy a betűk kódjaihoz hasonlóan az utasításokat is valamilyen (kettes számrendszerbeli) számmal helyettesítik. Pl. az 1001 jelenthetné nemcsak a 9-et, hanem az I betűt, vagy azt, hogy a következő két számot össze kell szorozni.

A valóságban több helyérték is van egy-egy gépi „számban” (úgy mondják: rekeszben). Külön neve van a 8 bit hosszúságú számnak: ez a *byte*. De vannak 12, 16, sőt 32 bit hosszúságú számokkal dolgozó gépek is. Persze egy-egy rekesz tartalma bármilyen információ lehet (betű vagy akár képpont is), amit számokkal kódolni tudunk. Az egy rekeszben levő bitsorozatot *gépi szó*nak nevezzük.



Algoritmusok ábrázolása

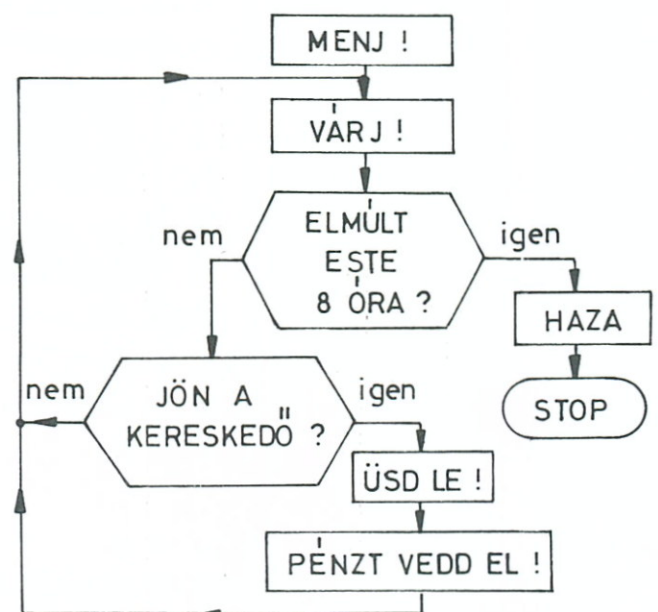
Nem volt egyszerű dolog a számítógép programozását megtanulni. Az első segítséget Neumann János adta a programozóknak, mivel olyan (jól megjegyezhető és világosan áttekinthető) jeleket honosított meg, amelyekkel a legbonyolultabb algoritmus is leírható. Néhány ilyen (ma már szabványosított) jelölést láthatunk az ábrán. Ezekkel például a már említett csonkagúla-számítási algoritmus a következő alakban írható le:



A gépi algoritmusok fontos eleme a logikai elágazás. Ez teszi lehetővé, hogy egy feladatban a pillanatnyi részeredménytől függően többféle változatban is folytatódjék az algoritmus. Jól szemlélteti lehetőségeinket (és elkövethető hibáinkat is) a következő kis történet:

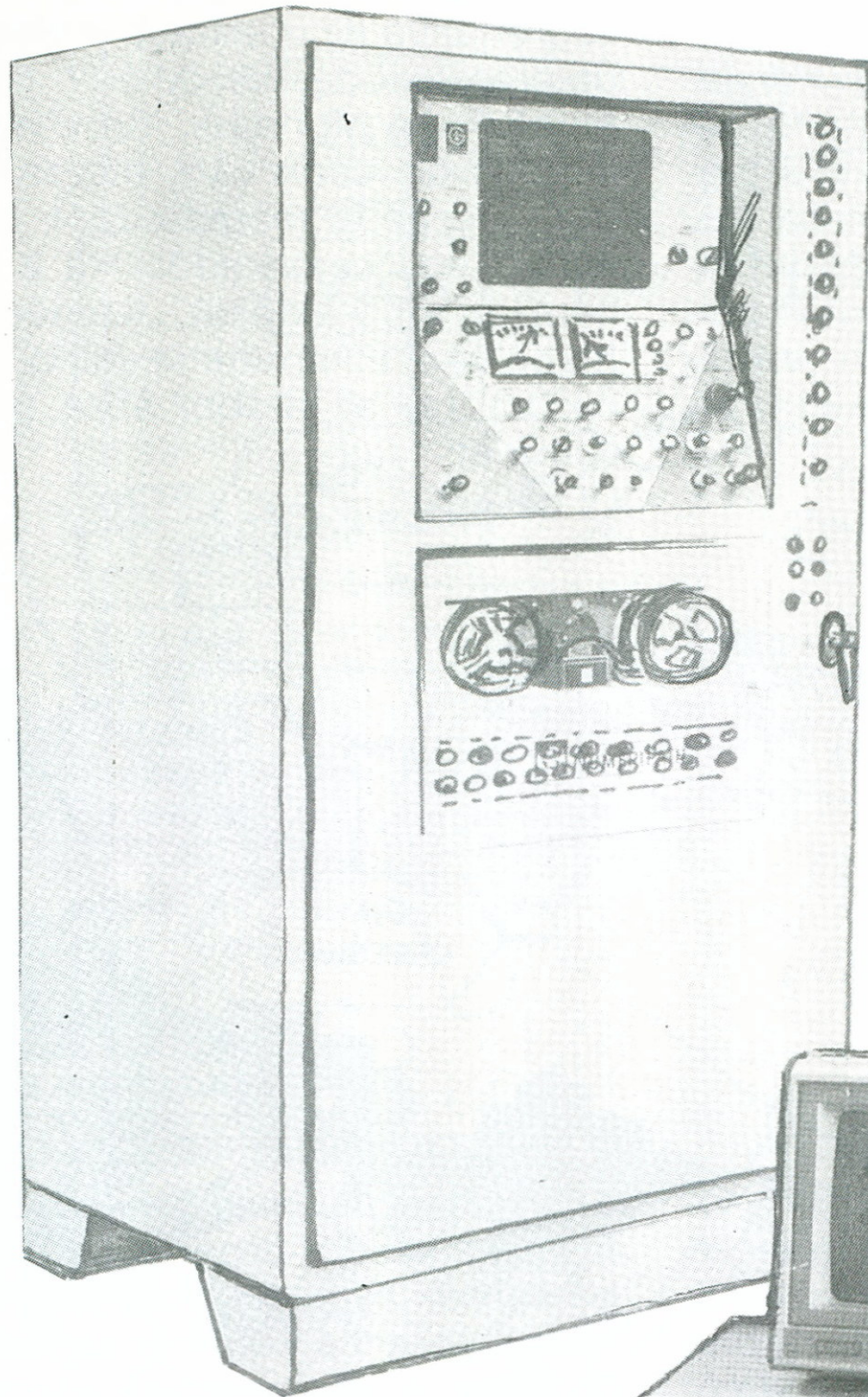
Sobri Jóska betyárbandája egy csárdában ütötte fel tanyáját. A vezér utasította egyik betyárját, hogy menjen ki az útkereszteződéshez, rejtőzzék el, és várjon. Ha jön egy kereskedő, üsse le, vegye el minden pénzét, majd nézze meg, hogy mennyi az idő. Ha már elmúlt este 8 óra, térjen vissza a csárdába, ha nem,

várjon tovább. Sobri Jóska hiába várta vissza a betyárt, az – fegyelmezetten végrehajtva az utasítást – éhen halt az útkereszteződésnél. Miért? Hol volt a hiba? Úgy mondjuk, örökös ciklusba került: várt csak várt, hiszen csak azután nézhette meg az időt, ha éppen leütött egy kereskedőt. Ha 8 óra után nem jött több áldozat, „szegény” betyár hiába várta. Elkerülhette volna az örökös ciklust, ha az alábbi ábra szerint járt volna el:

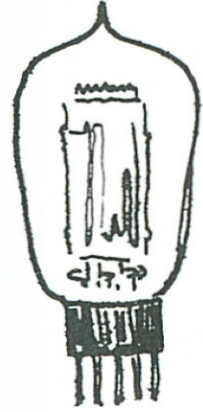


Akármilyen nevetségesnek is tűnik ez a feladat, kezdő programozók gyakran belesznek ilyen hibába, és utólag (folyamatára nélkül) nehéz kideríteni a tévedést. A gyakorlatban a logikai feltételek – amelyek alapján a gépet döntésre kell kényszeríteni – nagyon sokfélék lehetnek. A programozó ötletességén is múlik, hogy (célszerű utasítássorozattal) gyors és eredményes, jól működő programot tud-e készíteni.

Ezért célszerű, hogy lehetőség szerint minden esetben készítsünk a logikai felépítésnek jól megfelelő folyamat-ábrát.



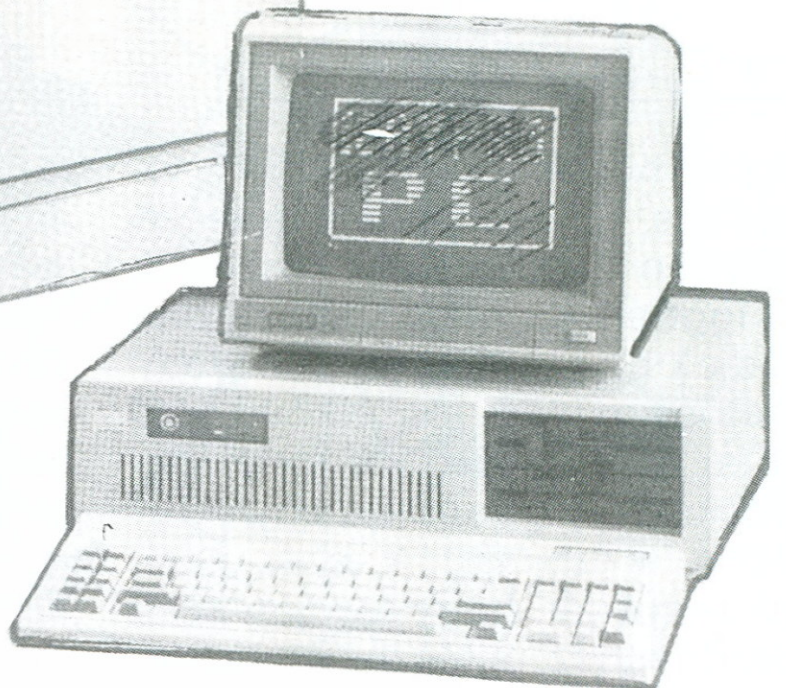
1944



1947



1958



Számítógép-generációk

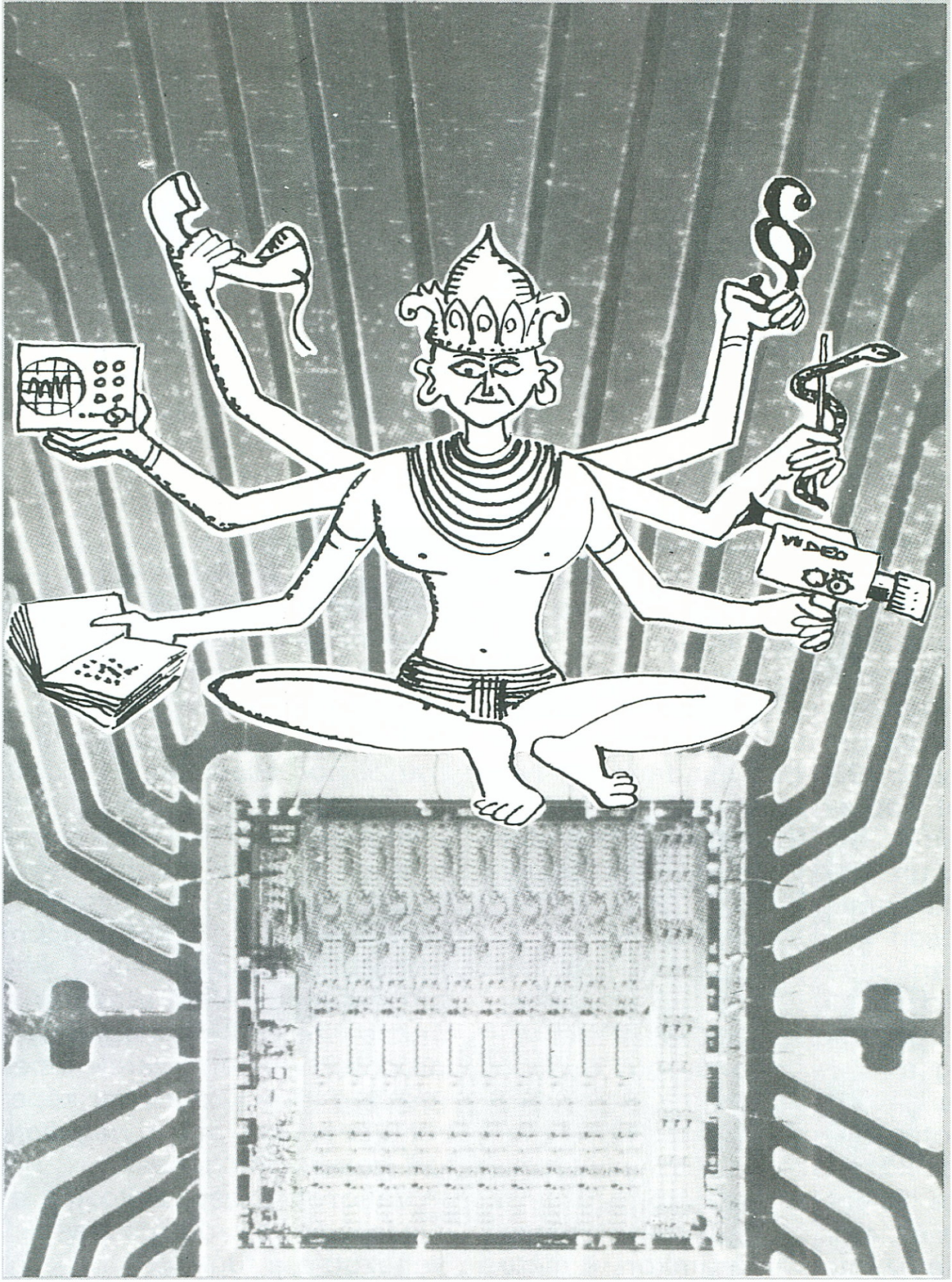
Az elektronika lehetővé tette a számítás gépesítésének rohamos fejlődését. Az első elektronikus számítógép még jóformán meg sem született, amikor már továbbfejlesztett változatán kezdtek dolgozni. Az elektroncsöves gépek a korábbi számítógépnél több ezerszer gyorsabban dolgoztak, de igen gyakran meghibásodtak. Ez az elektronika gyermekora, a számítógépek *első generációja*. A gép központi egységében uralkodtak az elektroncsövek, a tárolásra pedig óriási mágnesdobok szolgálták.

Az elektronikus számítógépek előnyeiről már meggyőződtek. Kész volt ugyan az eszköz, de még nem elégítette ki az igényeket. Megbízhatóbb és kevesebb hőveszteséggel járó gépekre volt szükség. A Bell Laboratóriumban 1947-ben három amerikai kutató, W. H. Brattain, J. Bardeen és W. Shockley feltalálta a tranzisztort, a félvezetőelven működő erősítőt. 1956-ban mindhárman Nobel-díjat kaptak. A tranzisztorok és a ferritgyűrűk alkalmazásával fejlesztették ki az ún. *második generációs* számítógépeket, amelyek mérete és hőhatása lényegesen kisebb, de sebességük és tárolókapacitásuk nagyságrendekkel nagyobb volt elődeiknél. Jelentősen fejlődött programozásuk is. Már nem volt szükség arra, hogy a programozó ismerje a gép bináris számrendszerben megadott nyelvét: elégséges volt a gépi nyelvhez közel álló ún. Assembly nyelv ismerete. Jelentős fordulatot hozott az 1958-as év, amikor J. Kilby és R. Noyce feltalálta az integrált áramkört. A méreteket folyamatosan csökkentették, és ezzel egy új korszak indult, a *mikro-*

elektronika korszaka. A mágnesdob helyére előbb a mágneslemez, majd a hajlékony mágneslemez (floppy-disc) került, és minél jobban csökkent a méretük, annál inkább nőtt a tárolókapacitásuk. Az ún. winchester-lemezeken több millió adat tárolható. Eljutottunk a *harmadik generációig*, amelynek gépeiben a tranzisztorok helyett integrált áramkörök, a vezetékek helyett pedig nyomtatott áramköri lapok helyezkednek el. A számítógépes programozás nyelvét is továbbfejlesztették. Megjelentek a fordítóprogramok, az első magas szintű programozási nyelvek: a FORTRAN, az ALGOL, a COBOL, majd később az ún. interaktív nyelvek, a FOCAL, a BASIC stb. A 60-as évek végén kezdődött a számítógépek tömeges elterjedése és a további miniatürizálódás. 1972-ben egy nyugatnémet szakíró, D. Wiesmann így lelkesedett: „Egy kis, 2,84 mm élhosszúságú lapocskán 1434 (!) tranzisztor, ellenállás és dióda van. Ez az elképelhetetlenül parányi méret alig felfogható számítási sebességet tesz lehetővé. Egyetlen kapcsolat mindössze a másodperc 8–12 milliárdod részét veszi igénybe.” És hol vagyunk még a miniatürizálás határaitól? Ma már 1 cm²-nyi lapon több százezer aktív elemet is elhelyeznek. Megjelentek a több processzoros rendszerek, amelyek *egyidejűleg* több programot képesek végrehajtani. Ezek már a *negyedik*, ill. *ötödik generációs* gépek.

Változott a gép, változtak a perifériák, fejlődött a programozás – de vajon változott-e a funkció?

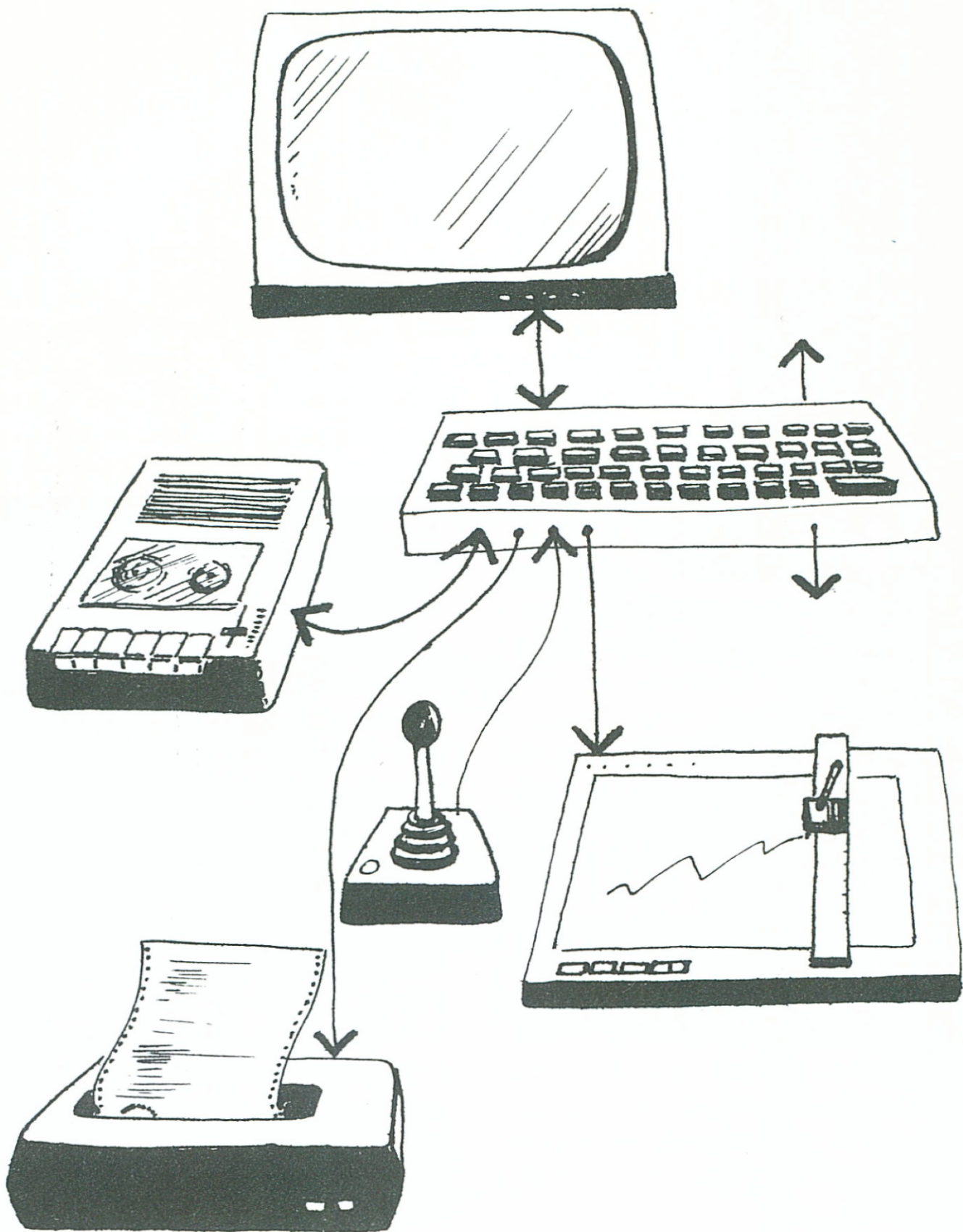
Ugyanazok-e a gép feladatai, mint 4 évtizeddel ezelőtt?



Csak a neve változatlan

Számítógép = számításokra szolgáló gép? A kérdés értelmetlennek tűnik, ha az abakuszra vagy a mechanikus számológépekre gondolunk. Mi másra lehetne őket használni? Az elektronikus számítógépek esetében azonban más a helyzet! Ezeket is számítások céljaira hozták létre, de működésük, felépítésük olyan, hogy helyesebb lenne logikai gépnek, algoritmikus gépnek nevezni őket. Hiszen hamar rájöttek arra, hogy minden olyan feladat megoldására alkalmasak, amelyek algoritmizálhatóak. Már az 50-es évek elején felhasználták a számítógépeket ún. *verbális* (betűkkel, szavakkal megadható) információk tárolására és feldolgozására. Ma már mindenki előtt világos: ahogy például a számok sorba rendezhetők, ugyanúgy egy névsort is szigorú betűrendbe lehet sorolni – ha az ábécé minden egyes betűjének számokat feleltetünk meg, növekvő sorrendben. Azt, hogy verbális információkat igen – nem információk sorozatára lehet felbontani, és így velük műveleteket lehet végezni, már korábban is felismerték. Lényegében ezen alapult Hollerith gépe is, lehetőségeit azonban (az adatok különféleségében) a lyukkártya mérete, ill. (a feldolgozás sebességében) az elektromechanikus jelfogók „lassúsága” korlátozta. A számítógépeknél elvileg ilyen korlát nincs. Csak a központi egységtől és az ún. háttértárak befogadóképességétől függ, hogy egyidejűleg hányféle adatot dolgozhatunk fel.

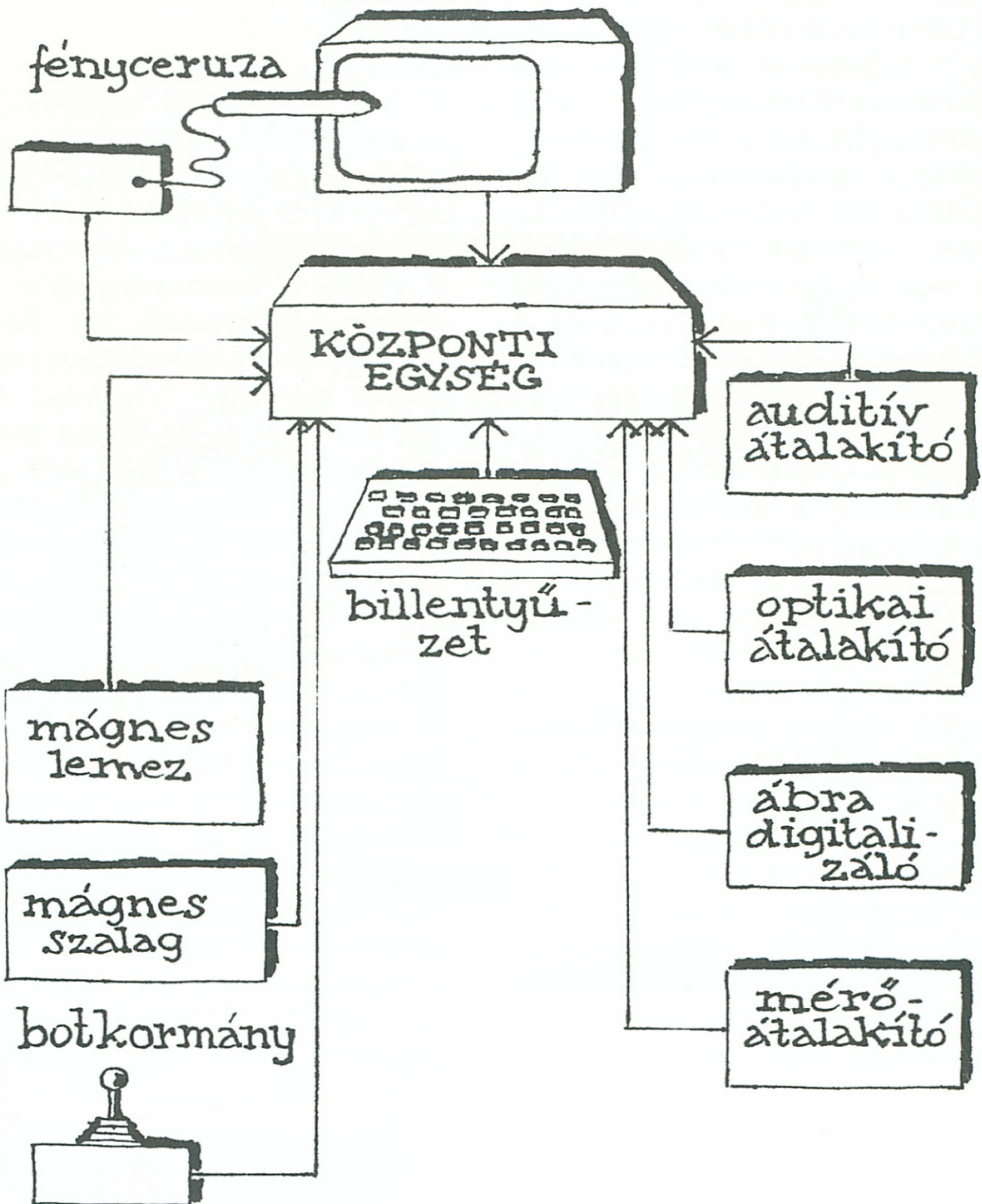
A számítógépet tehát rövidesen információs gépként is használták. És még tovább kell mennünk! Már a múlt században ismert volt, hogy a termelési folyamatok irányítása is algoritmizálható. Századunk 60-as éveitől kezdődően egyre szélesedik az a kör, amelyben a termelésirányítás egyes szakaszaiban számítógépek is részt vesznek. Miután a szükséges tárolókapacitással korábban csak a nagygépek rendelkeztek, ezért csak a központi diszpécsersegélyre gondolhattak. Az egyes munkahelyekről az adatokat távadók segítségével továbbították a központi géphez; a gép és/vagy a diszpécser döntésének megfelelő utasítást hordozó jelek „visszafutottak” a munkahelynél levő beavatkozó szervhez. A sok hibalehetőséget magában hordozó bonyolult rendszert a mikroelektronika kifejlesztése egyszerűsítette. A mikroprocesszorok elterjedésével a számítógép már beépülhet a gépbe, közvetlenül átveheti az embertől a gépek ellenőrzési, irányítási feladatait. És még mindig nem vagyunk a végén! A sakkautomaták, a szívritmus-szabályozók, a kórházak intenzív osztályain levő őrőgépek, a gépkocsik vezetését elősegítő mikroszámítógép és még számtalan terület – amelynek egy-egy képét a következőkben még felvillantjuk – olyan, amelyen elhalványul, sőt értelmetlenné válik a számítógép elnevezése (nem véletlen, hogy az angol szóhasználat szerinti computer neve franciául *ordinateur*).



Miből áll?

Most már ideje néhány szót ejteni arról is, hogy miként képes ilyen sokoldalú feladatot ellátni a számítógép, mi az, ami valóban univerzálissá teszi? Aki már látott (akár csak képen is) egy számítógépet – legyen az mikrogép vagy egy számítóközpont nagygépe – tudja, hogy a számítógép különféle gépegységek összefüggő rendszerét jelenti. Ábránkon is láthatjuk, hogy írógéphez, tv-készülékhez, rajztáblához, magnetofonhoz, a repülőgép botkormányához és más eszközökhöz hasonló egységek vannak kábelek segítségével összekötve. Mindegyiknek önálló feladata van: van olyan, amely csak speciális feladatokhoz szükséges, míg mások nélkül az egész számítógép nem működik. Az ábrán a számítógép a billentyűvel ellátott egységben van. Ezzel a billentyűzettel is adhatunk utasításokat a gépnek. A képernyőn megjeleníthető, a nyomtatón pedig kiíratható szöveg is és rajz is. A magnetofon adatok, programok bevitelére, valamint az eredmények tárolására szolgál. A rajzgéppel a képernyőn is megjelenő ábrák megrajzoltathatók. A botkormánnyal (joystick) főleg a játékok figuráit mozgatjuk, de utasításokat is adhatunk vele. Talán megbocsátják nekem a gépi berendezés (az ún. hardver) szakértői, ha a továbbiakban nem részletezem a gép működését, és arról

sem szólok, hogy a gép csak digitális jeleket ért meg. Ez az oka, hogy bizonyos berendezések jeleit ún. analóg – digitális átalakító nélkül fogadni, ill. a berendezéseknek digitális – analóg átalakító nélkül jeleket kiadni nem lehet. Ez a felhasználók túlnyomó többsége szempontjából közömbös. Mi az, amit mindenkinek érdemes tudni? Bármilyen folyamatról is legyen szó – legyen az természeti, társadalmi vagy technikai –, annak eredményeként valamilyen változás következik be. Ahhoz, hogy legalább nagy vonalakban tisztában legyünk egy-egy folyamat lényegével, tudnunk kell, hogy mi az, amin a változás bekövetkezik, mi volt a változás előtt és mi utána. Egy egyszerű példa: tojásrántottát készítünk. Az üzletből beszerzett tojás és szalonna a tűzhelyen levő edényben a felhasznált energia hatására átalakul: ízletes reggeli lesz belőle, amit elfogyasztunk. (Persze még só, paprika, hagyma és kenyér is szükséges hozzá!) Ezzel tulajdonképpen választ adunk arra, hogy mivel és mit hajtottunk végre, milyen előzménye (honnán) és milyen következménye (hová) van a folyamatnak. A számítógéppel kapcsolatban is ezekre a kérdésekre keressük a választ. Mi a számítógép „nyersanyaga”? Milyen átalakítás megy végbe a gépben? Milyen lesz a termék?



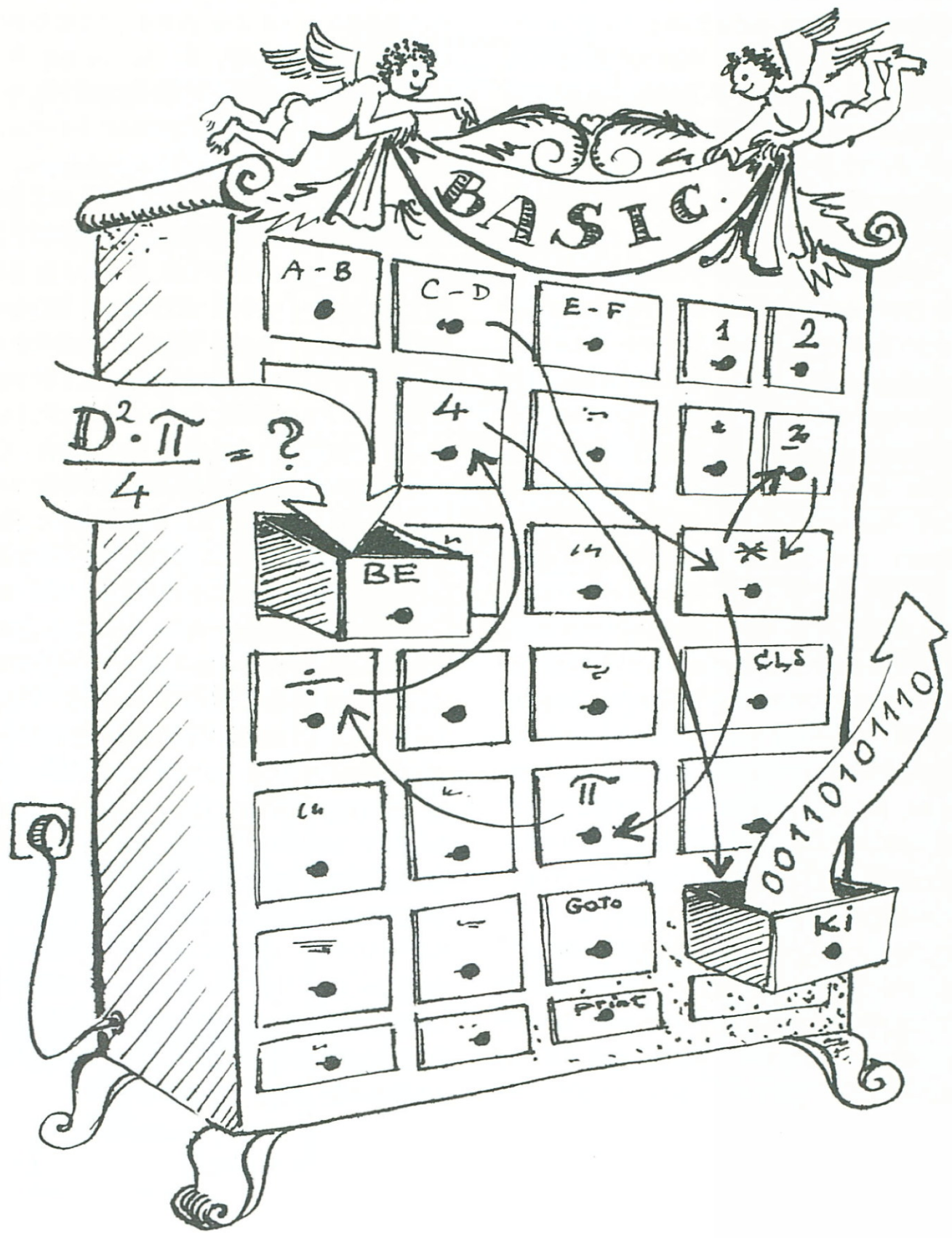
A nyersanyag

Mivel? A számítógép *adatokkal* dolgozik. Ezek az adatok lehetnek csak számok (numerikus adatok), számok és betűk (alfanumerikus adatok), rajzok és képek (grafikus adatok), hanghatások (auditív adatok), fényhatások (optikai adatok), vagyis elvben bármilyen jel.

Honnan? A számítógép által feldolgozandó adatok származhatnak *belülről* (a számítógép tárolójából, korábbi műveletek eredményeiből) és *kívülről*, valamilyen *bemeneti* (input) csatornán keresztül forrásból. A bemeneti csatornák a legkülönbözőbb érzékelőkkel lehetnek összekötve. A legegyszerűbb esetben közvetlenül a számítógéphez tartozó, vele egy egységet alkotó ún. *perifériákon* keresztül érkehetnek az adatok. Ilyen periféria a billentyűzet, amely az írógéphez hasonló, és rajta keresztül numerikus és alfanumerikus üzeneteket tudunk a géphez továbbítani. Ez nyilván feltételezi a billentyűzet kezelő ember tevékenységét. A számítógépek állandó perifériái az adatolvasó egységek. Mint említettük, régebben mágneselemek, lyukszalagolvasók, majd mágnesszalag- és mágneslemezegységek szolgáltak arra, hogy onnan a működéshez szükséges adatokat és/vagy programokat a gép – közvetlen emberi közreműködés nélkül – beolvassa. Újabban olyan készülékek is vannak, amelyek gépelt szöveget, ill.

kész rajzokat is képesek elolvasni. Ez az olvasás azt jelenti, hogy az optikai érzékelőből kapott jelek alapján a gép tárolni képes a rajz egyes pontjainak koordinátáit (kódjait), ill. hogy az egyes betűket „látva” azokat ugyanúgy értelmezi, mintha a billentyűzeten keresztül közöltük volna a géppel.

A bemeneti csatornák köre azonban ezzel még korántsem zárult le. Korábban már említettük, hogy a számítógép társadalmi jelentősége éppen abban rejlik, hogy megfelelő érzékelő- és beavatkozással összekötve képes az emberi munkát a monotonitás alól felszabadítani. A gép (elvben) ún. csatlakozóján keresztül összeköthető bármilyen jelforrással. Például: hőmérővel, nyomásmérővel, fényérzékelővel vagy bármilyen olyan érzékelővel, amely villamos jelet tud kiadni. Ehhez gyakran mérőátalakítóra és/vagy jelformálóra is szükség van, de fontos, hogy elvben bármilyen jelet eljuttathatunk a számítógéphez. Ide sorolható, de azért külön is megemlítendő, hogy van néhány olyan vezérlőszerv, amely közvetlenül csatlakoztatható a géphez. Ilyen pl. a botkormányyszerű ún. joystick, amelynek föl-le, jobbra-balra mozgását a gép közvetlenül érzékelheti; vagy az ún. fényceruza, amelynek segítségével úgy használhatjuk a képernyőt, mint a rajzoláskor egy papírlapot.



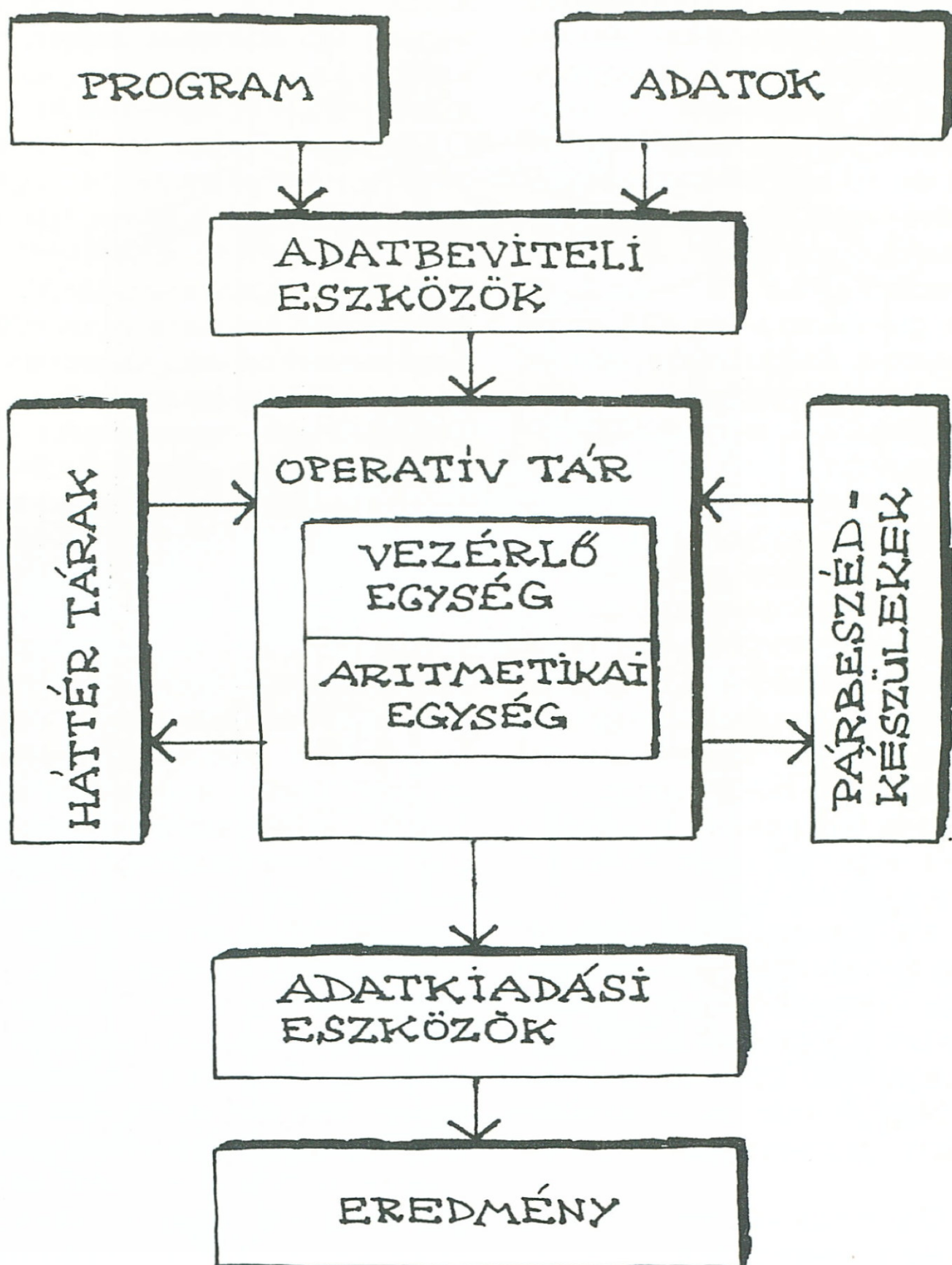
Az átalakítás

Mit? Mi történik ezekkel az adatokkal a gépben? A gép az adatokon *műveleteket* hajt végre. Ezeket a műveleteket, azok sorrendjét az ember által készített program határozza meg. A legegyszerűbb művelet az összeadás (ill. kivonás). A számok összeadását nem kell magyarázni, de mit jelent a betűk összeadása? (Nyilvánvaló, hogy két szó összeadása nem ugyanolyan, mint két szám összeadása. Pl. $2 + 3 = 3 + 2$, de autógumi \neq gumiautó.) A szöveggel végzett műveletek világosabbá válnak, ha tudjuk, hogy a számítógép képes két adatról megállapítani, hogy melyik kisebb vagy nagyobb, mint a másik, ill. egyenlők-e egymással. Ez a művelet lehetővé teszi, hogy egy névsort a számítógép szoros ábécébe rendezzen (a megfelelő kódok szerint ugyanis $a < b$, $b < c$ és i.t.); vagy megállapítsa, hogy egy adattárban szerepel-e egy meghatározott szó. Két szó ugyanis akkor, és csakis akkor egyenlő egymással, ha minden egyes betűje megegyezik.

A számítógép lényegében ezekből a műveletekből építi fel teljes műveletrendszerét: a szorzást, a hatványozást, vagy éppen a szögfüggvények számítását. Az átlag felhasználót nem nagyon érdekli, hogy mindezt hogyan, milyen belső szerkezettel, logikával hajtja végre a gép. Legfeljebb csak az érdekes számukra, hogy mindezek a műveletek hihetetlen gyorsasággal mennek végbe.

Hogyan? Olyannak képzelhetjük el a számítógép tárát (memóriáját) mint egy óriási fiókos szekrényt, amelyben millió-

nyi fiók van. Minden fióknak van egy *címkéje*. Az egyes programutasítások közlik a géppel, hogy mely fiókokból vegyen elő adatokat, milyen műveleteket hajtson velük végre, és az eredményt melyik fiókba rakja le. Ilyen elemi utasításokból épül fel a legbonyolultabb programrendszer is. A gép ezeket az utasításokat a maga speciális 2-es számrendszerben kifejezhető kódjával (ún. gépi programban) tárolja. Az átlag felhasználó számára elegendő a könnyen megtanulható, az emberi nyelvhez közel álló utasításrendszer, pl. valamely programnyelv ismerete. Az így megírt programokat a gép lefordítja a saját nyelvére; ebből következik, hogy csak olyan programnyelveket lehet használni, amelyhez az adott gépben fordítóprogram is van. Nemcsak a gépek, de a programozás is állandóan fejlődik. Naiv elképzelés lenne azt hinni, hogy a ma divatos programozási nyelvek hosszú életűek lesznek. Várható, hogy a jövőben újabb, a jelenleginél hatékonyabb nyelvek születnek. Aki már egyszer megismerkedett egy programnyelvvél és annak logikáját érti, az már viszonylag könnyen elsajátítja az újabb változatokat, nyelveket is. Várható azonban, hogy a gépek programozása teljesen átalakul, és a jövőben nem lesz szükség a programok szöveges elkészítésére. Már ma is vannak rajzzal és/vagy hanggal vezérelhető gépek. A lényegen azonban ez sem változtat: a gép továbbra is algoritmikus gép lesz, amely azt, és csak azt hajtja végre, amit az ember előzetesen beprogramozott.



A termék

Hová? Vagyis: hová kerülnek az eredmények? Hasonlóan a „nyersanyaghoz”, a „termék” (vagyis a műveletek eredménye) a számítógép belső vagy külső csatornáira kerül. Az eredményeket a gépen belül az ún. RAM (Random Access Memory) tárolja: vagy azért, mert a későbbi műveletekhez ezekre még szüksége van, vagy azért, hogy az összes művelet befejezése után társával együtt kikerüljön a gépből. A kimeneti (output) csatornák a bemenetiekhez hasonlóan változatosak. Vannak olyan perifériák, amelyek ki- és bemenetre egyaránt alkalmasak. Ilyen pl. a mágnesszalag vagy a mágneslemez, amelyről nemcsak olvasni, hanem amelyre írni is tud a gép. A lyukszalagnál természetesen szükség van külön szalaglyukasztó és szalagolvasó egységre. A rajzolóval sem lehet rajzolni, ehhez külön egység, az ún. rajzgép szükséges.

A szöveges megjelenítést szolgálja a csak írásra alkalmas sornyomtató (printer) vagy a tv-képernyőhöz hasonló megjelenítő (display). A megjelenítők egy speciális fajtája a párbeszédés (interaktív) grafikus megjelenítő, amelyről majd a későbbiekben megemlékezünk; most csak annyit, hogy az ilyen képernyőre fényceruzával is vihetünk be adatokat. A számítógéphez közvetlenül hangszóró is csatlakoztatható, amelyen a számítógép segítségével kialakított dallam vagy szöveg hallható.

Ismét szólunk kell a számítógép csatlakozóján keresztül kiadható jelekről. Miként a bemenet esetében, elvben

itt is bármilyen jel megjelenhet, vagyis a gép bármilyen, elektromos jellel vezérelhető berendezés mozgatására parancsot tud adni. Ez tette lehetővé a számítógéppel vezérelt megmunkálógépek, az ún. CNC gépek elterjedését, a robottechnika kialakulását. Lényegében ezek is a számítógép kimeneti egységei, hiszen annak utasításait hajtják végre. A fejlettebb formájú CNC gépek, ill. robotok a végrehajtott utasításokról, saját helyzetükről visszajelzést adnak a számítógépnek, tehát össze vannak kötve a bemeneti csatornákkal is. Ilyenkor a számítógépben levő program már nemcsak vezérli, hanem szabályozza is a folyamatot.

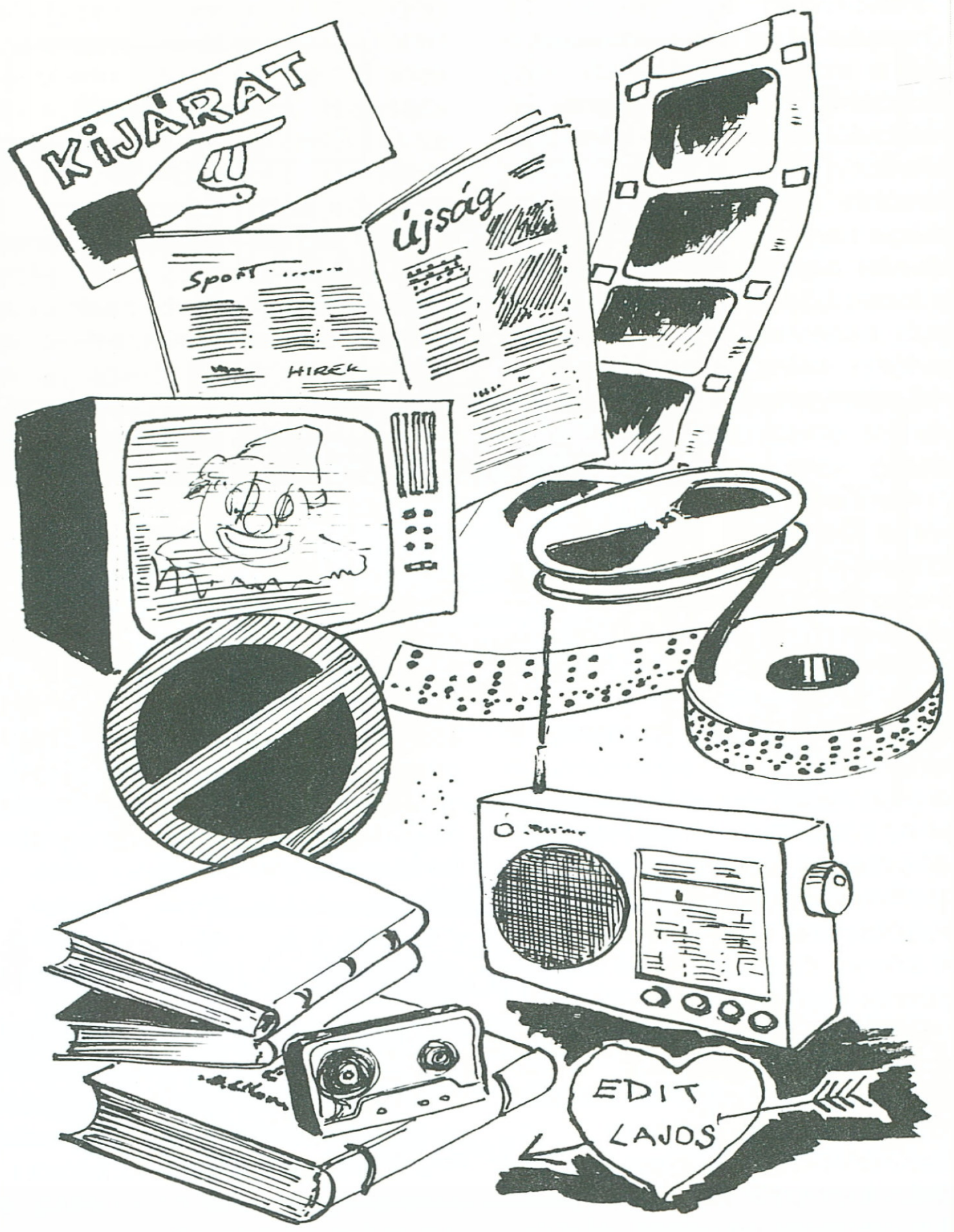
Most már érdemes egy egyszerűsített összefoglaló ábrával áttekinteni a számítógépes rendszer felépítését. Az ábrán látható egységek minden rendszerben megtalálhatóak.

A *vezérlőegység* a gép kormánya. Ezen keresztül (pl. billentyűzet segítségével) a kezelő beavatkozhat a működésbe, programokat közölhet a géppel vagy leállíthatja a futó programot. A vezérlőegységből kimenő jelek utasítást adnak a többi részegységnek.

A *számoló- vagy aritmetikai egység* végrehajtja az utasítás szerinti műveletet.

A *központi tár* tárolja az adatokat, az eredményeket és a programot.

A *háttértár* kíséri a központi tárat: tárolja a pillanatnyilag futó számításokhoz nem szükséges adatokat, a nem aktív programokat és (esetleg) a számítási részeredményeket.



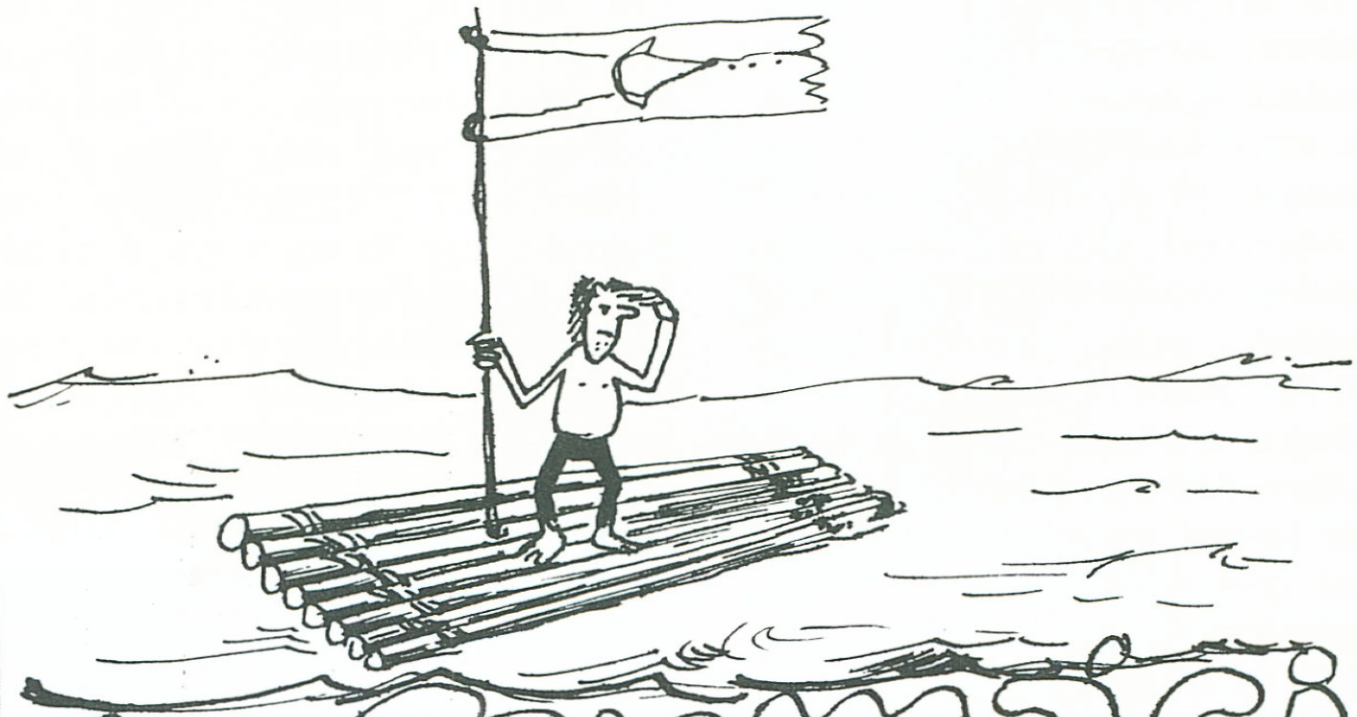
Harc az információért! val!

Nagy bajban voltam, amikor ehhez a címhez értem. Úgy érzem ugyanis, hogy először az *információ* szóért kell harcolni. Széles körben uralkodik az a téveszme, hogy a hír, az adat és az információ ugyanazt jelenti. Annyira, hogy a Kosuth rádió néhány évvel ezelőtti „Hírek, tudósítások, információk” műsorát „Hírek, tudósítások” elnevezésre egyszerűsítette. Egy népszerű számítástechnikai könyv szakkifejezéseinek gyűjteményében „információ, i. adat” szerepel. Valóban minden hír, adat egyúttal információ? Eredetileg a szó tájékoztatást, felvilágosítást jelent. Ma egyértelműen csak az olyan hír jelent információt, amely ismereteinket gyarapítja, korábbi tájékozatlanságunkat szünteti meg, és érdeklődésünkre is számot tarthat. Hiába halljuk, hogy mi lett egy futballmeccs végeredménye (hír), ha nem érdekel minket (nincs információtartalma számunkra). Az Ön számára, tisztelt Olvasó, valószínűleg nincs információtartalma annak az adatnak, hogy Budapest és Gödöllő között autópálya van. De egy külföldi számára, aki nem járt még hazánkban és térképről sem ismeri az országot, ugyanez az adat már információt jelent.

Az állandó információszerzés az élet és a civilizáció alapja. Miért állíthatjuk ezt ilyen határozottan?

Tudjuk, hogy a természet világa állandó mozgásban van, a változásokat létrehozó folyamatok végtelen sokaságából tevődik össze. Ezek a változások a természeti törvények szigorú rendje szerint mennek végbe. Az embert azon-

ban nem elégíti ki az ezen törvények által megszabott irány. Az élethez, a civilizációhoz szükséges, hogy környezetünk jótékony hatásait erősíteni, káros hatásait viszont kiküszöbölni tudjuk. A természetben található anyagokat az embernek át kell alakítania ahhoz, hogy használni tudja. A természeti törvényeket megváltoztatni nem lehet, de mód van arra, hogy azokat irányítsuk. A folyó a magasabb helyről áramlik az alacsonyabb szintre, de ha gátat és csatornát építünk szabályozhatjuk, „munkára foghatjuk”. A vad tűz félelmet kelt a legtöbb élőlényben (talán csak az orrszarvú az egyetlen, amelyet vonz a tűz; igaz azért, hogy széttapossa még a paraszt is). Az ember „gátat” épít a tűznek, megszelídíti azzal, hogy térbeli terjedését megakadályozza. Nem az áramlás vagy az égés törvényei változnak meg, hanem csak azok a feltételek, amelyek mellett érvényesülnek. Így képes az ember irányítani, szabályozni a folyamatokat, „megszelídíteni” a természeti erőket. Biztosak lehetünk-e abban, hogy mindig célunknak megfelelően alakulnak az események? Mi van, ha hirtelen árhullám megy végig a folyón, vagy ha hirtelen szél támad, amely szét-hordhatja tűzünket? Ezek olyan zavaró hatások, amelyek nagyságáról és idejéről korábban nem tudhattunk, és így megzavarják nyugodt életünket. A környezeti hatásokról, rendszerük működéséről, az általuk irányított folyamatokról szüntelen információt kell szerez-nünk, hogy a változásoknak megfelelően, időben beavatkozhassunk.



informaci
o informaci
o informaci
o informaci
o informaci
o informaci

Szabályozás – információ

A zavaró hatások ellen csak úgy tudunk védekezni, ha a bekövetkező változásokról időben hírt kapunk. Ezen hírek olyan adatokat szolgáltatnak, amelyekről korábban nem volt tudomásunk, ezért információt jelentenek. Ezek ismeretében módunk van a folyamatba beavatkozni és megakadályozni, kivédeni a súlyosabb károsodásokat. Minden olyan folyamatot, amelyben a véletlenszerű zavaró hatásokról kapott információ alapján a rendszerbe beavatkozva a zavarások káros hatását kivédjük és a folyamatot céljainknak megfelelő értékek között tartjuk, *szabályozásnak* nevezzük. A szabályozott rendszerek akkor is a célnak megfelelően működnek, ha a környezeti változások egyébként tönkretennék a rendszert.

Életünk minden pillanata szabályozott folyamatok sokaságából tevődik össze. Szabályozással működik pupillánk (élesebb fényre szűkül, gyengébb fényre tágul), ér- és légzőrendszerünk, amelyek működése a fizikai megterheléssel arányosan gyorsul vagy lassul. Szabályozott folyamat maga a járás is, de különösen az, amikor forgalmas útesten akarunk átkelni. A gépkocsi vezetéséhez elengedhetetlenül szükséges, hogy a környezet változásairól állandóan információkat kapjon a vezető. Egy út szélén álló KRESZ-tábla is információt jelent (pl. várakozni tilos), és ezzel szabályozza is tevékenységünket, mert ennek megfelelően kell vagy ajánlatos cselekednünk. De továbbmehetünk egészen az államigazgatásig, vagy akár a nemzetközi szervezetekig. Mint

egy csúcsra fordított gúla, úgy növekszik a működéshez szükséges információk mennyisége minél feljebb és feljebb haladunk a társadalomban. Információ nélkül nincs élet. Még az egysejtű is a környezetéből kapott információk alapján változtatja helyét. Az információvevők károsodása súlyos következménnyel jár. Vonatkozik ez nemcsak a fülre, a szemre, a fájdalomérzékelésre, hanem magasabb szinten a vezetés tájékoztatására szolgáló szervekre is.

Az információszerzéshez azonban nemcsak érzékelők, hanem adatszerző szervek is szükségesek. Az embert állandóan a jelek özöne veszi körül, ezekből azonban csak néhányra van szüksége, amelyeket ki kell szűrni a híráramból. Maradjunk most csak szöveges információknál. Könnyű dolga volt a múlt század emberének, hiszen legfeljebb csak néhány újságból, egy-két tucat könyvből kellett évente válogatnia. Könnyen megállapíthatta, hogy mit kell feltétlenül elolvasnia, megtanulnia, de napjaink hírözöne ezt a válogatást szinte lehetetlenné teszi. Lehet, hogy a híradatban pontosan azok az adatok úsznak el, amelyek a számunkra legfontosabb információkat jelentenek. Ismét konfliktus van a szükséglet és a lehetőség között. Az egyre bonyolultabb folyamatok – egyéni és társadalmi életünk, napi munkánk és jövőnk – elkerülhetetlenül szükségessé teszik újabb és újabb információk szerzését, ugyanakkor az embernek egyenesen lehetetlen a szinte végtelennek tűnő hírözönben tájékozódnia.

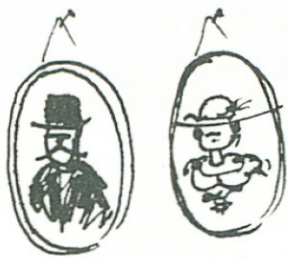


Az információs folyamat

Ahhoz, hogy életünket, tevékenységünket célszerűen tudjuk irányítani, információkra van szükségünk, mégpedig pontosan olyan információkra, amelyek ehhez a célszerű irányításhoz szükségesek. Ebben a folyamatban is – mint a termelésben – bonyolult láncolaton keresztül lesz a nyersanyagból felhasználható termék. Az ásványi nyersanyagok sem tisztán, hanem ún. meddő, értéktelen kőzetekkel együtt fordulnak elő a természetben. Az információt is ki kell bányászni a jelek sokaságából, megszabadítva a meddő, értéktelen adatoktól. Az ásványokat rendszerint nem közvetlenül a bánya mellett dolgozzák fel, hanem vasúton vagy közúton nagyobb távolságra kell elszállítani. Az információt is továbbítani kell a *forrástól* a felhasználás helyéig. Az elsődleges feldolgozás az átalakítás. Az érceket és az adatokat is válogatjuk, dúsítjuk, hogy kinyerjük az értékes fémeket, ill. a döntésekhez szükséges sűrített információkat. És ahogy az anyagot raktárakban tároljuk a későbbi felhasználás számára, úgy kell az információkat is tárol-

nunk, ha azokra nem (csak) most, hanem később (is) szükség van.

Forrás, továbbítás, dúsítás, tárolás, feldolgozás, felhasználás! Mindezek olyan fogalmak, amelyeknek nemcsak az anyagi termelésben, hanem az információs láncokban is fontos szerepük van. Csak példaképpen említjük, hogy a földkéreg maga is tárol információt, amelyet elő kell bányászni a földből. Régészek és geológusok úgy tudnak olvasni a földkéregben fellelt jelekből, mint az átlagember a könyvekből. Az indián vagy a tajga vadásza a mi számunkra felismerhetetlen jeleket is észrevesz, és azokból fontos információkat szerez. A nyomokból ki tudja olvasni az előtte ott járt állat fajtáját, nagyságát, és azt is, hogy mikor ment arra. Fülét a földre szorítva hallja a távoli lábdobogást, felismeri az esetleges veszélyek közeledtét. A sok nyom és hang közül kiválasztja és elraktározza azokat az információkat, amelyek az adott helyzetben számára fontosak. Az ő környezetében e képesség nélkül képtelen lenne életben maradni.



Az információs gép

Évente több millió szakcikk jelenik meg, a nyomtatott könyvek száma pedig meghaladja a százmilliót. Ebben a rengetegben tájékozódni nehéz, ezért életünk elképzelhetetlen lenne az információs gépként használt számítógép nélkül. Az adatigény egyre növekszik, és ez kényszerít az egyre nagyobb tárolókapacitással rendelkező gépek és perifériák létrehozására, amelyek nélkül az ún. *adatbankokra* gondolni sem lehet. A bankok pénzzel, az adatbankok adatokkal dolgoznak. A bank sem egyszerűen csak tárolja a pénzt, hanem azzal műveleteket hajt végre. Az adatbanknak csak egy része az adattár, a bank jelleget a tárolás mellett az adatokkal végzett műveletek (rendezés, értékelés, újabb információk nyerése) adja.

Egyetlen példa: egy könyvtár könyveinek nyilvántartása még csak adattár; adatbankká akkor válik, ha – valamilyen algoritmus segítségével – a bennünket érdeklő könyv címét megtaláljuk, vagy információt kapunk arról, hogy egy adott témával hány könyv foglalkozik stb.

Egy gyors számolás: mekkora tárolókapacitásra van szükség egy nagyobb könyvtár adatbankjához? Tegyük föl, hogy a könyvállomány 1 millió kötet: nyilvántartjuk minden egyes könyv szerzőjét, a címét, kiadóját, a kiadás évét, helyét, oldalszámát, 8–10 főbb tárgyszót, a raktári számát. A felsoroltak könyvenként mintegy 500 karakter nyilvántartását jelentik. 1 karakter a gépben 8 bit, tehát egyetlen könyvhöz 4000 bitre van szükség, 1 millió könyvnél így 4 milliárd bit (vagy 500 millió byte) a

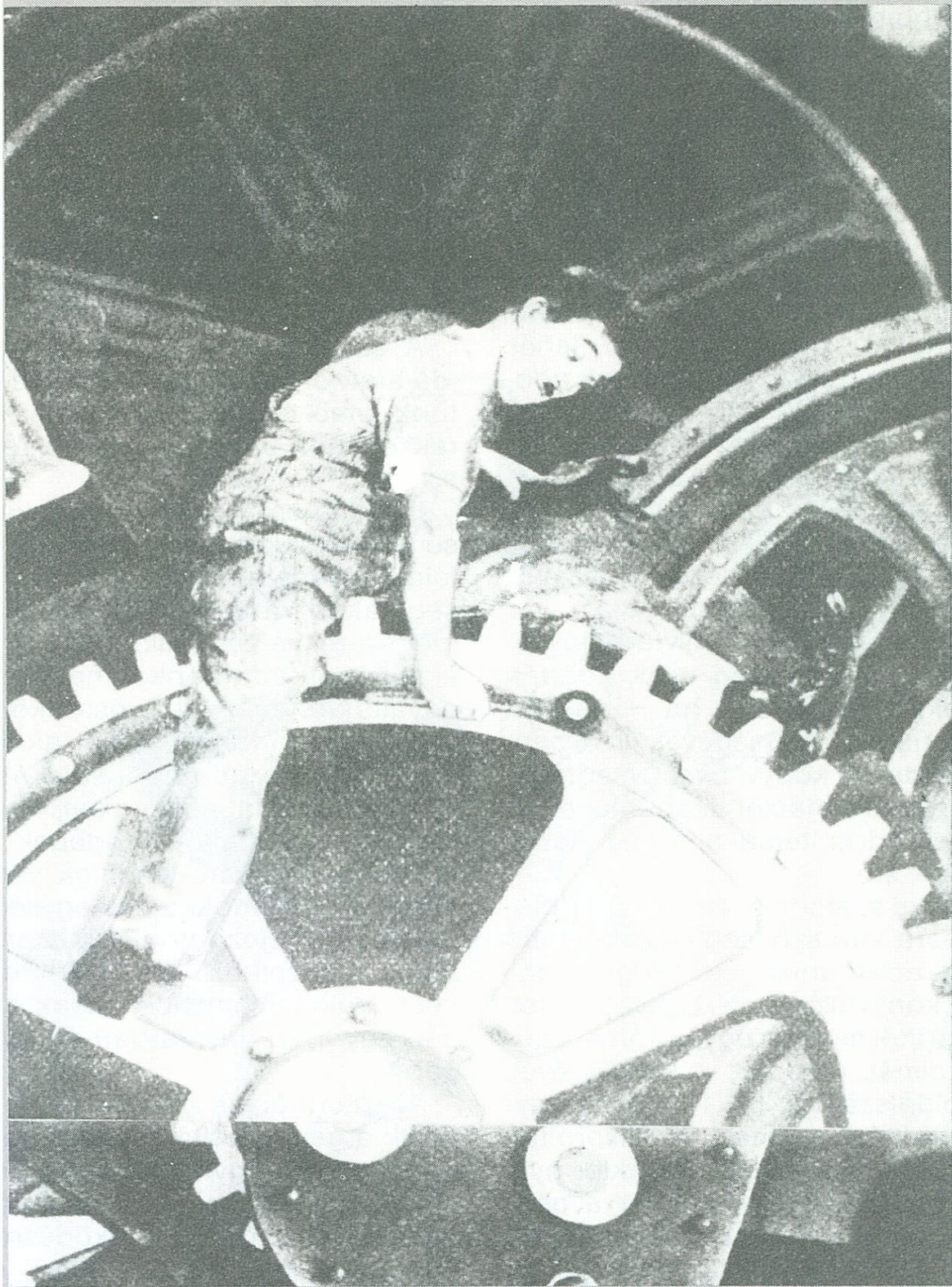
tárolási igény. A pénzügyi, termelési, népesedési, közművesítési adatbankok tárolóigénye ennél sokkal nagyobb, nem is szólva egyes katonai vagy össznépgazdasági információs rendszerekről. Érthető, hogy az a lehetőség, hogy egyáltalán *lehet* adatbankokat készíteni, valamint a meglévő gépek kicsiny tárolókapacitásának korlátja kényszerítő erővel hatott a fejlesztésre.

A számítógépes adatbankból rövid idő alatt olyan információkat is nyerhetünk, amelyekhez a szokásos módszerekkel hónapokra, ill. évekre lenne szükség.

Helyileg egy viszonylag kis kapacitású gép is sokat segített az információk feldolgozásában, azonban sok nehézség fakadt abból, hogy a különböző módszerekkel és különböző helyeken kidolgozott adatbankok nehezen, vagy egyáltalán nem voltak összeköthetők.

Ma már nincs technikai akadálya a számítógépes adatbankhálózatok működésének. A lakásokban, ill. munkahelyeken elhelyezett mikrogépek közvetlen kapcsolatban lehetnek regionális számítóközpontokkal, és egységes hálózatban dolgozhatnak országos, vagy akár nemzetközi adatbankrendszerként. Vajon mennyiben csak számítógép egy ilyen hálózatban elhelyezkedő gép?

Az információs igények egyre feljebb viszik a gép teljesítményének, tárolókapacitásának, együttműködési képességeinek határait, míg a folyamatirányítás egyre kisebb, önálló működésre képes egységek létrehozását teszi szükségessé.



Mozdulatokra bontott termelés

Vessünk ismét egy pillantást a termelésre! A modern nagyipar kialakulásának előestéje a XIX. század volt, de csak a XX. század elején, a termelési módszerek gyökeres átalakulásával volt képes valóban kifejlődni. Nemcsak a kisipar, de még a múlt század végi nagyipar sem tudott eleget tenni az egyre növekvő igényeknek. Fokozatosan felismerték, hogy a termelési folyamat egyes részei ugyanúgy felbonthatók egyszerű mozdulatokra, mint ahogy egy zongora- vagy harangjátékot is az igen – nem parancsok sorozatával lehetett előállítani. A századfordulón megjelent a termelést forradalmasító, de ugyanakkor elembertelenítő találmány: a *szalagtermelés*. Az 1890-es években Pittsburghben a Westinghouse gyár öntödéjében már futószalag működött. Henry Ford, az autókirály már egész gyártási rendszerét erre építette. Chaplin a „Modern idők” c. filmjében hátborzongató karikatúráját adja az elembertelenített gyári termelőmunkának, a gépies mozdulatokra bontott monoton tevékenységnek. Ez a tevékenység már nem kívánt szakképzettséget, de jóformán embert sem. Embertelenné vált a termelés, de embertelen lett a termék is. Soha nem látott mennyiségű áruval árasztotta el a piacot a modern gyáripar, de többségük jellegtelen, uniformizált, sematikus termék volt. Nem az egyén megrendelése, hanem előzetes felmérések szerint, valamilyen statisztikai átlag alapján készülnek. Igaz, hogy a tömeggyártás a kisiparnál sokkal *olcsóbban* állítja elő

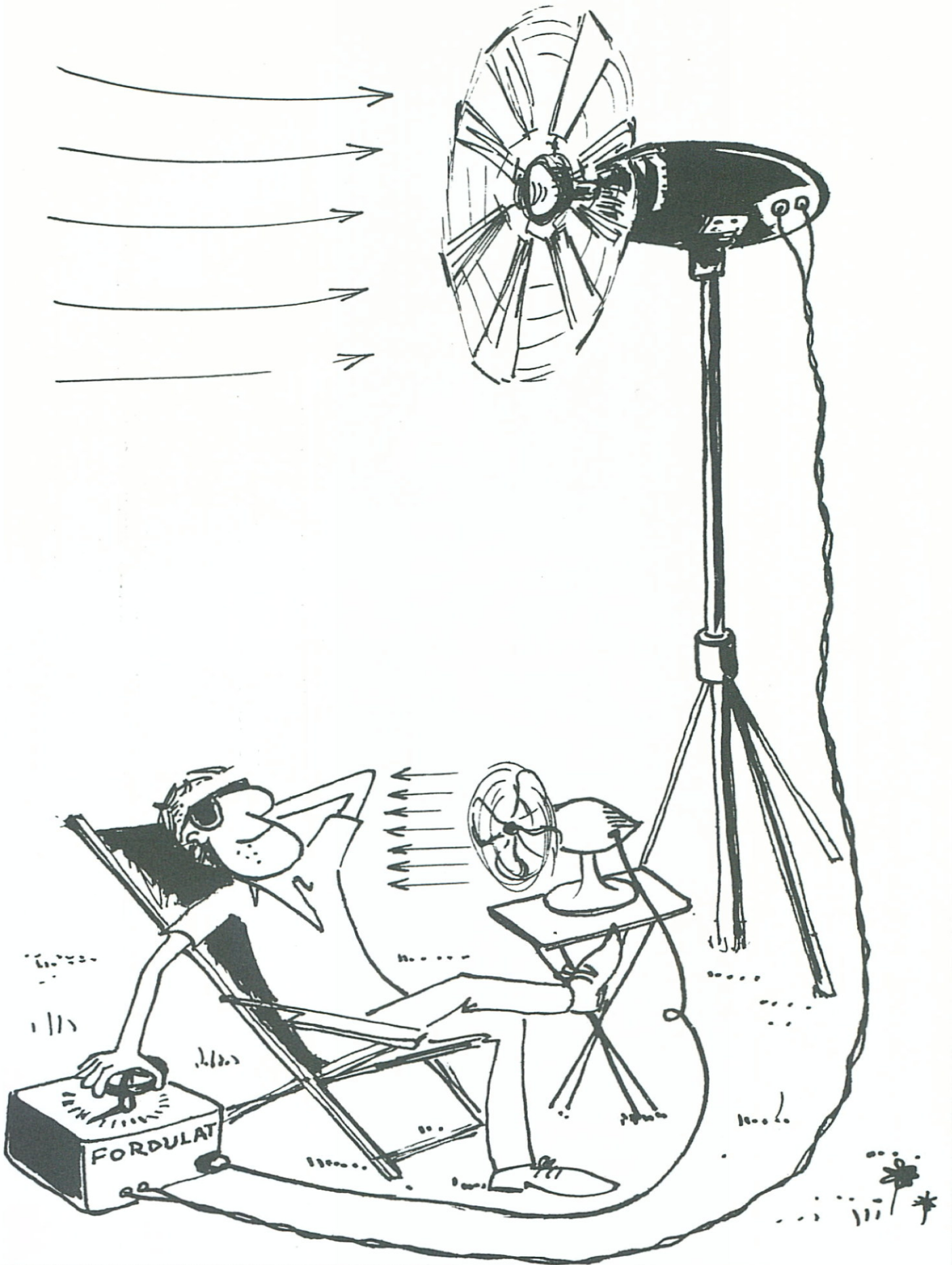
termékeit, és így szélesebb a felhasználók köre is, de ennek feltétele a termelés és a termék dehumanizálása.

Talán egyszer, évszázadok múltán ezt az időszakot az emberiség történelmének középkoraként fogják tárgyalni. Csak az elmúlt évtizedekben kezdődött, és a következőkben bontakozik ki történelmünk igazi újkora. Ehhez nem volt elegendő részekre bontani a termelési folyamatot, szükséges volt az is, hogy „részekre szabdaljuk” a termelőeszközöket.

A század elején még uralkodó volt az ún. transzmissziós energiaellátás. Egy-egy műhelyben csak egy-egy erőgép működött, amely meghajtotta a munkagépek fölött végighúzódnó tengelyt, és minden egyes gép – szíjártétel segítségével – erről kapta az energiát. Az elektromotorok terjedésével az energiaellátás decentralizálódott, minden gép külön, a többitől független meghajtást kapott, ezzel kezelése, irányítása egyszerűbbé vált.

Megszűnt a merev helyhez kötöttség, a műhelyek elrendezése, a gépek csoportosítása az adott feladatnak megfelelően változhat. Megalkották a villamos kéziszerszámokat (fúrógépeket, köszörűket stb.), amelyekkel a nagy, elmozdíthatatlan, szerszámgépbe nem befogható munkadarabok is megmunkálhatók.

A mikroelektronika kifejlesztése már azt is lehetővé teszi, hogy minden egyes gép külön-külön számítógépes irányítórendszerrel rendelkezzen.

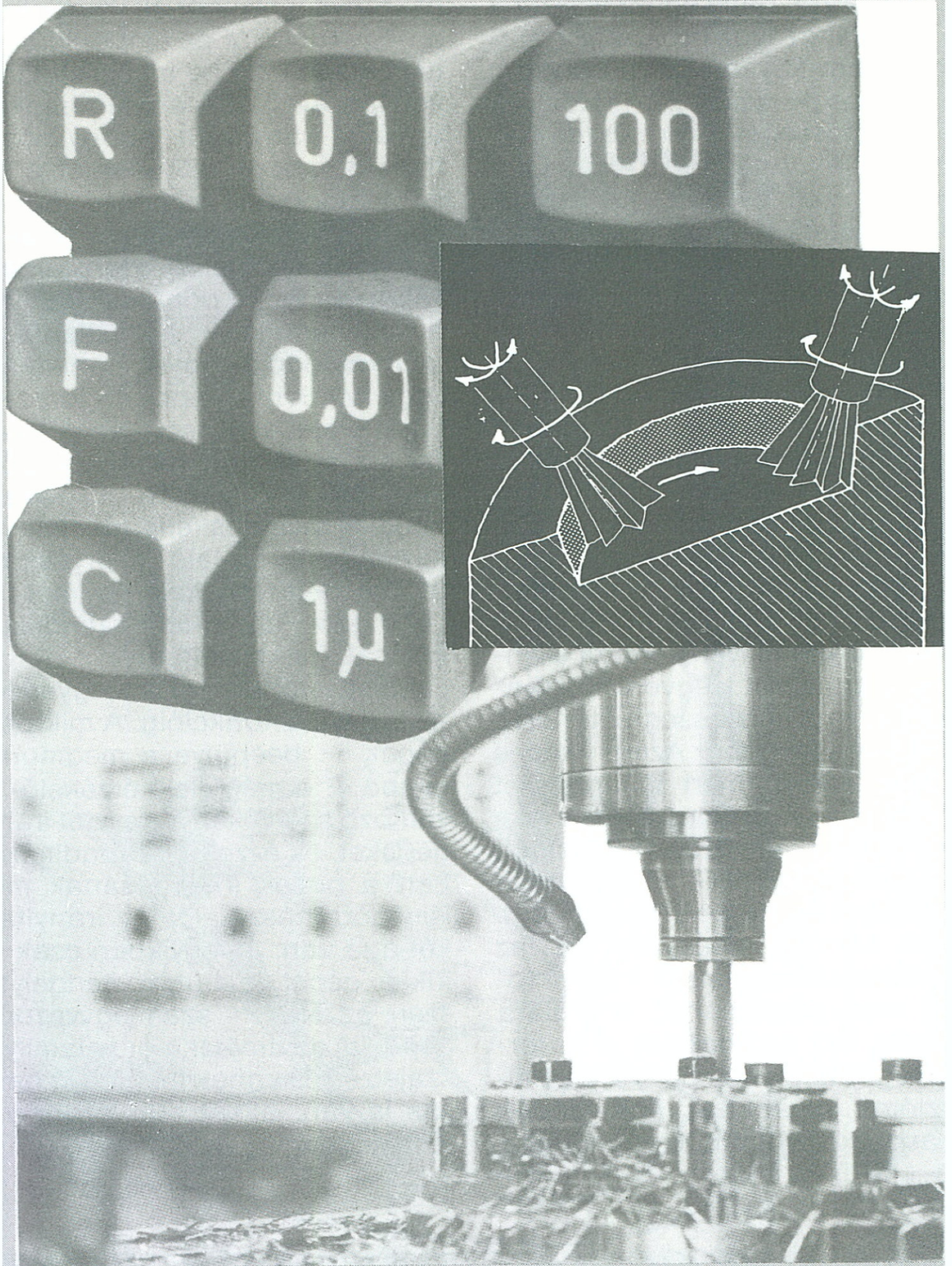


A természet és a technika

Szó volt már arról, hogy egész világunk a mozgás, a változások örökös forgataga. A természet folyamatait a spontán állapotváltozások jellemzik, amelyek irányát és sebességét a természeti törvények irányítják. A technika világa is e törvényeknek van alávetve, az ember mégis képes a természeti folyamatokkal (látszólag) ellentétes irányú állapotváltoztatás létrehozására. Minden technikai folyamat valamely társadalmilag meghatározott cél elérésére irányul, és ez általában valamilyen speciális rendet, rendezettséget hoz létre az emberi környezetben. Amerre csak nézünk a környezetünkben, ennek nyomait láthatjuk. Az egyiptomi piramisok, az Eiffel-torony, a hidak, az alagutak, a fények az éjszakában vagy a kellemes, meleg szoba a téli hóviharban – mind olyan alkotások, amelyek készítői ellenszegültek a természet kiegyenlítő folyamatainak, az egyenletességre törekvő természettörvényeknek. Azért képes minderre az ember, mert a természet erőit, anyagait és energiáit okosan használja fel, mert állandóan információt szerez környezetéről és arról a folyamatról, amellyel környezetét meg akarja változtatni. Minden átalakításhoz, az emberi céloknak megfelelő irányú folyamatok megvalósításához energiára van szükség. Ezt az energiát – a forrástól a végrehajtó szervig – valamilyen közlőmű továbbítja; így minden gép forrásból, közlőműből, végrehajtó-

és irányítószervből áll. Kezdetben mind a négy funkciót az ember látta el. Saját testi erejét közölte a végrehajtó szervvel (kezével), és a megmunkálást az agyával irányította. Ahogy bővültek ismeretei, ahogy előrehaladt a technika és a tudomány fejlődése, úgy vált képessé az ember az egyes részek fokozatos gépesítésére. A szerszámokkal kiváltotta a kezét, pontosabban: már nem a keze érintkezik közvetlenül a megmunkálandó tárggyal, hanem a kezébe vagy később a gépbe fogott szerszám. Saját erejét állati, szél- vagy vízenergiával helyettesítette. Később a gőz, a szilárd és a folyékony tüzelőanyagok, majd a villamos energia lett a gépet közvetlenül tápláló energiaforrás. Ez utóbbi tette lehetővé (a már említett) „egy gép – egy motor” rendszer kialakulását. És korunkban?

Most jutottunk el a negyedik részig, az irányítási funkcióig. A mikroszámítógépek – beépülve a megmunkálógépekbe – a megfelelő érzékelő- és beavatkozó szerveken keresztül irányítják a gépeket, és ezzel felszabadítják az embert a gépek irányításának monoton, ismétlődő része alól. Az irányításnak is két ága van. Az egyikben csak vezéreljük a gépet (a bütököstengelytől egészen az NC – számjegyvezérlésű – gépekig), de amikor már valamilyen visszajelzés és ennek megfelelő beavatkozás is van, akkor már szabályozás is lehetséges.



Az ember és a gép a termelésben

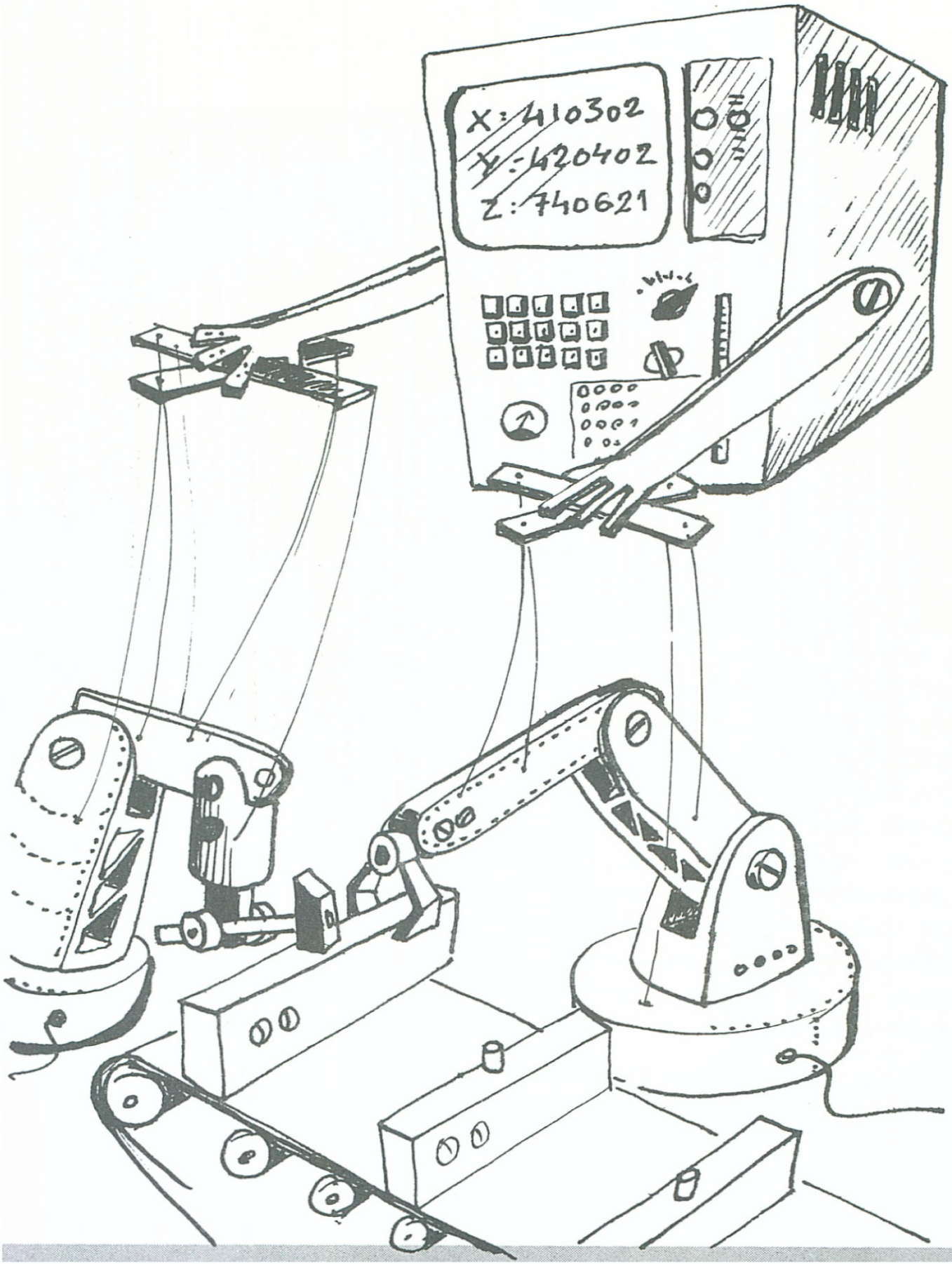
Vegyük észre a fejlődés csodálatos spirálját! A középkori kézműves műhelyek fokozatosan manufaktúrákba egyesültek, majd kialakult az egységes energiaellátású nagyüzem. Hasonlóan koncentrált a nagy számítóközpontokban a sok ezernyi „számológép” munkája, kialakultak a számítási nagyüzemek. Ezt követte mindkét területen a decentralizálódásnak egy újabb, a korábbinál magasabb szintű folyamata: az egyedi meghajtású és irányítású szerszámgépek a termelésben, és az egyedileg kezelhető mikroszámítógépek a számítástechnikában. E kettő „házasságából” született meg az ún. CNC (Computer Numerical Control: számítógéppel irányított, számjegyzérlésű) szerszámgép.

Nem tudom, hogy a kedves Olvasó mennyire érzi át ennek nagyszerűségét. Jómagam ifjúkoromban esztergályosként dolgoztam. Az esztergálás csodálatosan szép mesterség. Látni, ahogy a durva anyagból az én munkám nyomán kialakul a műszaki rajzban előírt formájú és méretű, fényesen csillogó új alkatrész. Aki már esztergált, tudja, mennyire bonyolult művelet például a menetvágás vagy a gömbfelület esztergálása: mindkét kezünk és agyunk pontosan összehangolt, szinte rezdülésmentes együttműködésére van szükség a selejt nélküli termeléshez. És a CNC gépeken most mindez néhány egymás után következő számjegy beprogramozásával elintézhető! Annyiszor kapunk a programnak megfelelően kialakított terméket, ahányszor csak akarunk. Az érzékelők jelzik, ha a munkadarab vagy

az esztergakés anyagában nem kívánt változás következik be. Csak ilyenkor kell beavatkozni a gépkezelőnek (bár már olyan gépek is vannak, amelyeknél a korrekciót maga a gép hajtja végre a programban megadott utasítás szerint.)

És ez még csak egy gép irányítása! A gépek sorozata láncot alkot, fokozatosan alakítva ki a nyersanyagból a készterméket. Mint a szalagtermelésben! Csak már nem az ember, hanem a gép végzi a „mozdulatokra bontott termelés” minden mozzanatát. A japán SHARP cég egyik gyártósorán havi 600 ezer zsebszámológép készül, emberi kéz érintése nélkül. Még az ellenőrzést, a csomagolást és a megrendelők szerinti címezést is gépek végzik. Ez csak egy példa a már ma is működők sokaságából. Ez a rendszer nemcsak azt teszi lehetővé, hogy a termelés humanizálódjék, hanem azt is, hogy a termék is humanizálódjék. Technikailag már megoldott, hogy például a gépkocsi vagy a ruhadarabban minden egyes termék más és más legyen, hogy a sorozatgyártás is figyelembe vegye a rendelő egyéni elképzeléseit, kívánságait. A már említett spirális fejlődés tovább halad előre egy újabb, magasabb rendű koncentráció felé.

Ebben a gyár már nem százezrek lélekölő, monoton munkahelye, hanem a koncentrált emberi tudás és alkotás óriási műhelye, amelyben az újat, a változót, a speciálist az ember végzi; az ismétlődő, egyhangú tevékenység pedig a számítógéppel irányított, hierarchikusan egymás fölé rendelt gépsor feladata.



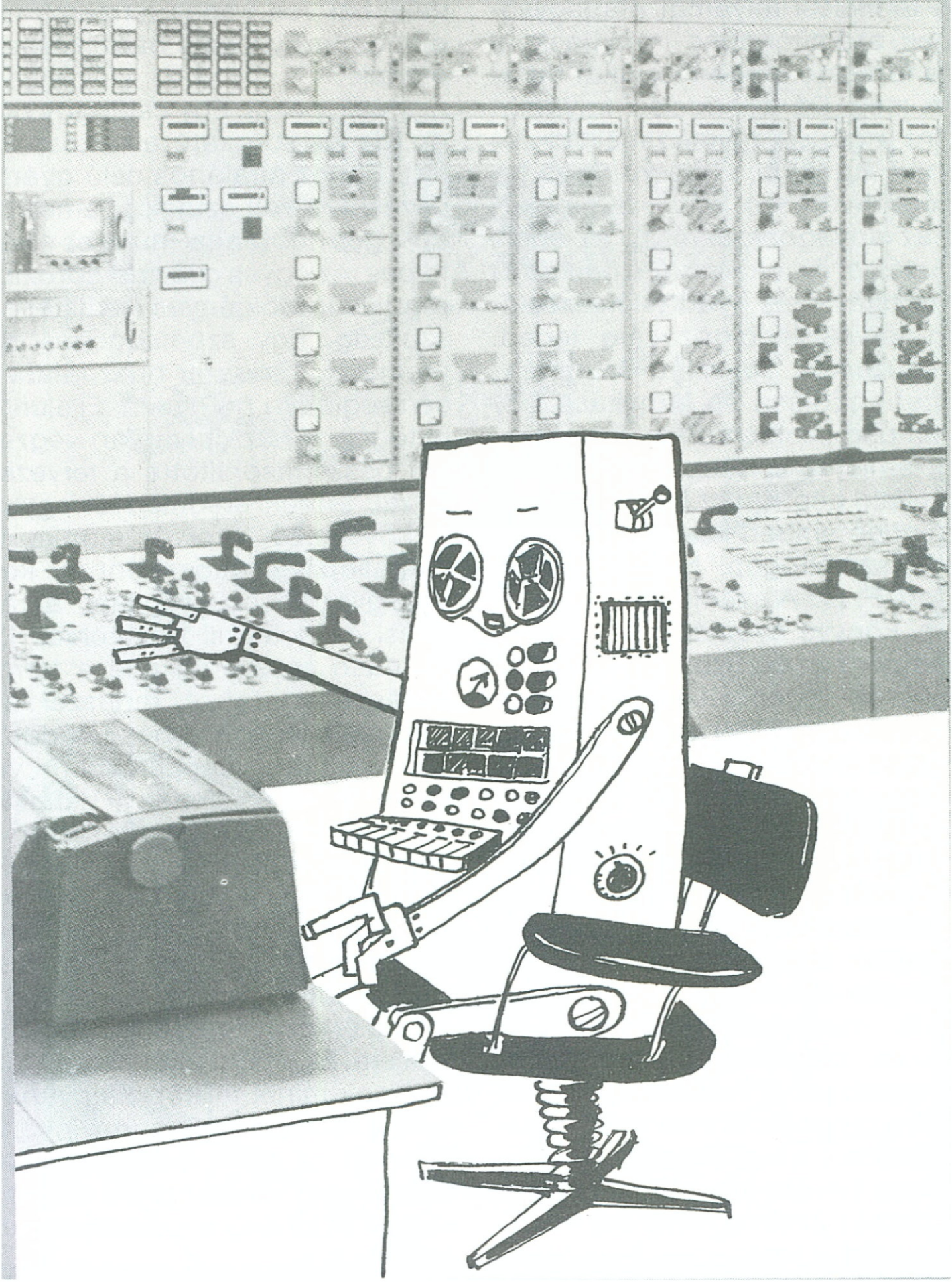
A termelési folyamat irányítása

A gép a termelési folyamat alapegysége. Ennek számítógépes irányításával nehéz és fárasztó emberi munkát takaríthatunk meg. De a termelési folyamat több, mint a gépek egymás melletti sokaságának munkája. Összehangolt tevékenységről van szó, amely a piackutatástól az anyagbeszerzésig, az energiaellátástól a munkaerő-gazdálkodásig, a gyártmány- és gyártástervezéstől a távlati tervek kidolgozásáig terjed. A termelőüzemek sokszínű munkájának összehangolása és irányítása bonyolult, emberi problémamegoldó tevékenység, amelyet sohasem helyettesíthet valamiféle gép. De itt is, mint lényegében minden emberi tevékenységben, segíthet a számítógép. Néhány példa Withington. F. G.: A számítógép a valószínűségben c. könyve nyomán:

Egy nagy cukrászüzem új sütődét épített. Miután régebbi üzemszeiben elég gyakran támadt nehézségük az alapanyagok adagolása miatt – a pazarlás vagy minőségromlás egyaránt ráfizetést jelentett a gyárnak – elhatározták, hogy az új üzemben számítógéppel vezérelt alapanyag-ellenőrző és -keverő rendszert helyeznek üzembe. A számítógép ellenőrizte és vezérelte mindegyik gép állapotát, és programjai alapján a megfelelő időpontokban adagolta az alapanyagok pontosan előírt mennyiségét. A beruházás költsége csaknem megkétszerezte az új sütőde létesítésének alapköltségét, működése viszont beváltotta a reményeket. Az automatizált üzem egyenletes minőségben és sokkal kisebb veszteségszá-

zalékkal volt képes termelni, mint amit emberi irányítással bármikor korábban elértek.

Másik példa: Egy cég nagy pontosságú, de kis sorozatú alkatrészeket gyártott. Ehhez általános célú gyártóberendezésekre volt szükség, amelyben minden gép többfajta művelet elvégzésére képes. Az egyes gyártási sorozatok előtt rendkívül időigényes beállításokra volt szükség. Egy számítógépes termelés-ütemezési rendszer használata jelentősen segítette a helyzetet. Éjjelente a számítógép a nap folyamán végzett munkát összehasonlította a tervezett munkával. Ennek eredményét egybevetette a következő napi új munka tervével, megállapítva gépenként a következő nap gyártási szükségletét, az anyagellátási és gyártási ütemtervet. Ezzel jelentősen egyszerűsítette a termelésirányítás feladatát. A rendszer azonban csak azután volt képes feladatát jól ellátni, miután menetközbeni visszajelzéssel is kiegészítették – lehetővé téve, hogy az előre meghatározott programot az aznapi váratlanul fellépő zavaró hatások figyelembevételével módosítsák. Ilyen zavar lehetett pl., ha egy nagyobb munkadarabot hibásan selejtesre gyártottak, rossz minőségű nyersanyag érkezett, géptörés, gépkiesés történt stb. Ez a példa különösen jól mutatja, hogy minél feljebb megyünk az irányítási rendszerben, annál inkább szükség van az előre megszabott vezérlési utasítások menetközbeni ellenőrzésére, vagyis a tényleges szabályozókörök kialakítására.



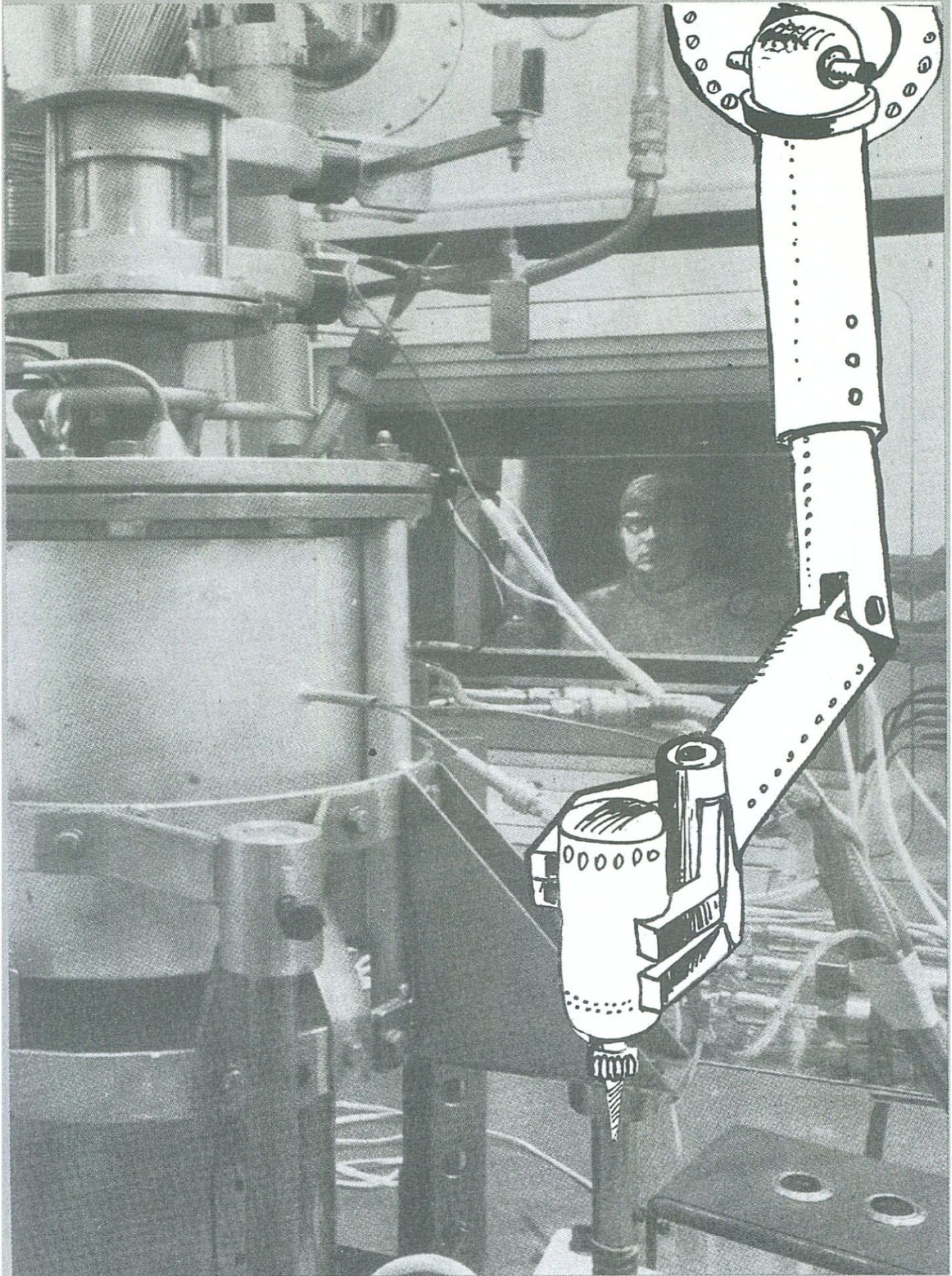
Számítógépes termelésirányítás

A számítógép szinte minden területen segítheti a termelésirányítást, pl. anyag- és készletnyilvántartás, személyzeti adatbank, pénzügyi adatok naprakész nyilvántartása, a hazai és nemzetközi piac helyzetének és változásainak figyelése, az együttműködő vállalatok adatainak nyilvántartása; árkalkuláció, árajánlat versenytárgyalásokhoz, a termékváltás, ill. termelésfejlesztés tervezéséhez szükséges prognózisok készítése, és i.t. De mindezek a feladatok *döntés-előkészítő*, és *nem döntést hozó* tevékenységet jelentenek. Ma már nincs akadálya annak, hogy a döntésre jogosult személyek naprakész információkhoz jussanak (egy, az asztalon levő képernyő és billentyűzet segítségével). De a gép csak az adatokat képes közölni, ill. egyes döntési változatokat képes összehasonlítani. A „jóslás” azonban nem algoritmizálható, a különböző minőségek számszerű (és objektív) összehasonlítása nem lehetséges; de még a számszerűen összehasonlítható jellemzők matematikai leírása is sokszor olyan bonyolult, hogy a feladatokat csak erős megközelítésekkel lehet számítógépbe táplálni. Annak ellenére, hogy számos — a vezetőket az adatfeldolgozással, az információk értékelésével segítő — számítógépes döntés-előkészítő programrendszer létezik, a végső szót mindig az embernek kell kimondania, és döntésének kockázatát is ő vállalja. Bármilyen „okos” is a gép, az okos vezetőt nem helyettesítheti.

Talán az egyik legszemléletesebb termelésirányító rendszer a villamos teherelosztás számítógépes irányítása. A ha-

zai rendszert a Magyar Villamos Művek, a KGST együttműködési rendszert a prágai központ diszpécsterszolgálatja ellenőrzi és irányítja a megállapodásban rögzített program szerint. Ezek a diszpécsterszolgálatok ügyelnek az energiatermelés és -fogyasztás egyensúlyára, ellenőrzik az egyes vezetékszakaszokon folyó áramokat, az egész rendszer hálózati frekvenciáját; közbe lépnek, ha váratlan zavar keletkezik. Egy erőművi gépegység kiesése vagy a távvezeték-hálózat egy szakaszának hibája az energiaellátás átcsoportosítását teszi szükségessé. Olyan váratlan hideg miatt, mint ami pl. az 1984-85-ös télen volt, egész fogyasztócsoportokat kellett korlátozni.

A számítógépes termelésirányítás elterjedését bizonyítja, hogy ma már több mezőgazdasági nagyüzemben (az állattenyésztésben és a növénytermesztésben is) jelen van a számítógép. A kép egy tehénistállóhoz tartozó takarmánykeverő üzem számítógépes irányítását szemlélteti. Minden tehén nyakában egy kis rádióadó van, fejéknél és etetésnél a számítógép azonosítja a tehenet, és a programnak megfelelően — a lefejt tej arányában — adagolja a takarmányt. A tehén lényegében egy komplikált mozgó, kémiai-technológiai berendezés, amelynek funkciója a takarmány átalakítása tejjé. A számítógép nyomon tudja követni a tehén egész életét, így a fajtanemesítésben, a takarmányok hasznosítási fokának növelésében és az „egyenre” szabott optimális takarmánykeverék kialakításában is segítséget nyújt a tenyésztőknek.



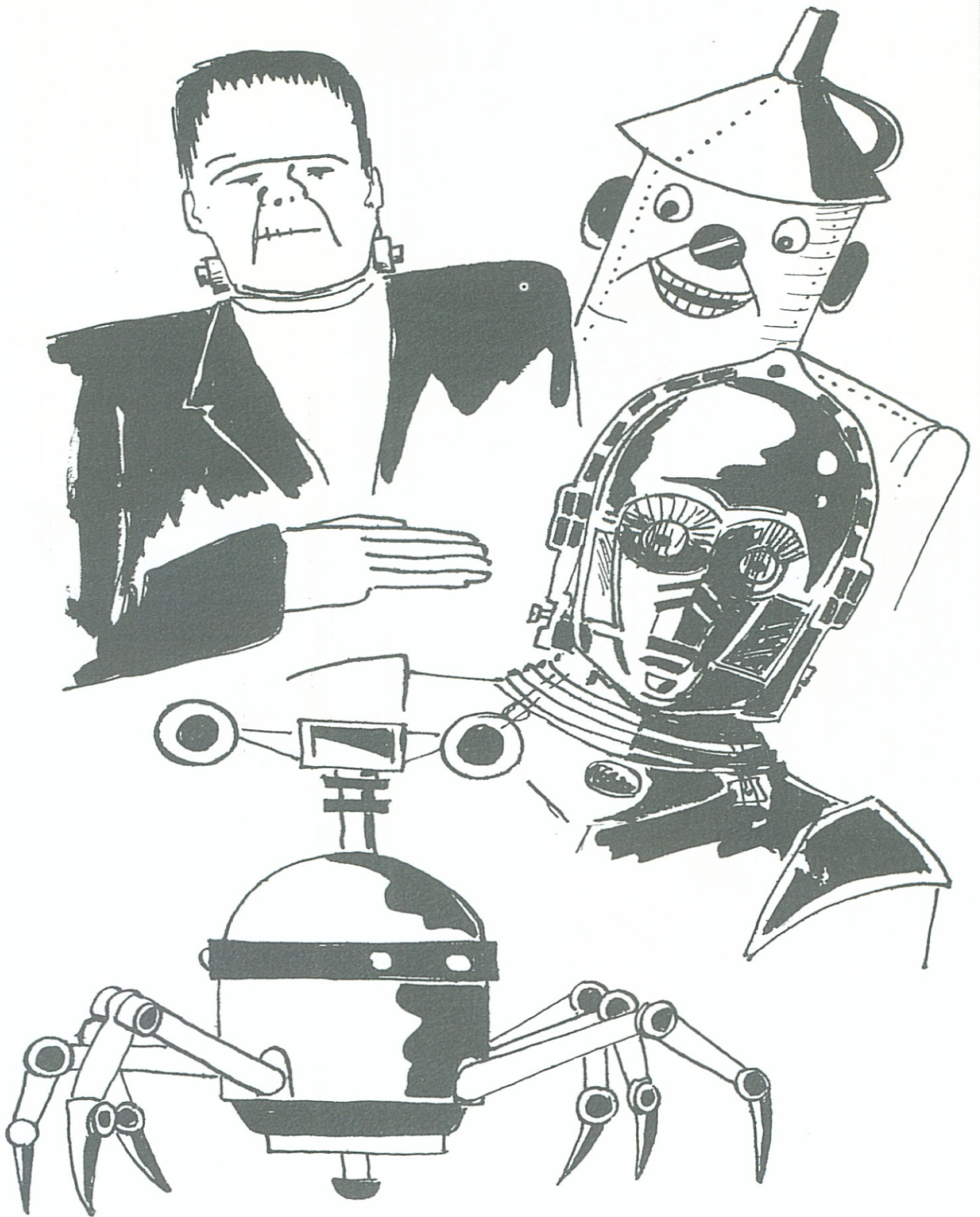
A munka gépesítése

Az emberiség fejlődése szorosan egybefonódik termelőeszközeinek fejlesztésével. A gondolkodó ember, a homo sapiens hosszú évezredek óta életének egyik legsúlyosabb tehertételeként könyveli el a nagy erőkifejtést kívánó monoton, egyhangú munkát. A bibliai legenda is az ősi „bűnbeesés” súlyos büntetésének tartja, hogy „fáradtságos munkával élj életednek minden napjában” (Mózes I. könyve 3.17.). Az egyszerű szerszámtól az összetett géprendszerekig, a tűz megszelídítésétől a villamoság munkába fogásáig, a bütökösten-gelytől a Jacquard-féle lyukkártyáig mind-mind arra szolgált, hogy az élet fenntartásához szükséges emberi tevékenységet megkönnyítse, hatékonyabbá tegye. És mégis, a XX. század új, a korábnál élesebb konfliktust teremt az ember és a munka között. A szalagtermeléshez szükséges mozdulatokra bontott munkafolyamat mellett egyre sokasodtak az olyan feladatok, amelyeket monoton munkával, az ember számára elviselhetetlen vagy rendkívül veszélyes körülmények között kell ellátni. Az egyes munkahelyek szélsőséges hőmérséklet-viszonyai (öntödék, kohók, ill. hűtőházak), más munkahelyek sugárveszélyessége (atomreaktorok, izotóplaboratóriumok) kényszerítően sürgették olyan megoldások kifejlesztését, amelyekkel az embert az e területeken végzett munka alól fel lehet szabadítani.

A sugárzó anyagok veszélyessége miatt – a radioaktív termékekkel dol-

gozó iparban – az embert a munkatértől el kell szigetelni. Az anyag mozgatása ilyen helyeken csakis távirányítással történhet, az ember nem nyúlhat közvetlenül az életveszélyes anyagokhoz. Ezért ebben az iparágban már kezdetől fogva használni kellett az ún. manipulátorokat, amelyek az emberi kezet helyettesítették. A *manipulátor* olyan csuklós szerkezet, amelynek – a munkatérben – az emberi ujjakhoz hasonló megfogószerkezete van, és működése a munkatéren kívülről, megfelelően védett helyről, kézzel irányítható. Hasonló manipulátorokat használnak pl. az izzó fémtömbök megfogásához a hengerművekben, öntödékben. A manipulátorok folyadékkal (hidraulikus), sűrített levegővel (pneumatikus), elektromágnessel, léptetőmotorral (elektromos), valamint ezek kombinációival működtethetők.

A védelmet tehát már megoldották, de a monoton munkavégzéstől még nem szabadult meg az ember. De hiszen most már minden kéznél van: a megfelelő gépi beavatkozó szerv – a manipulátor: a monoton munka programjának megfelelő utasításokat adó szerkezet – a számítógép; miért ne lehetne a kettőt összekapcsolni? Ennek lehetősége és szükségessége teremtette meg és indította „világhódító” útjukra a robotokat. A robotok (legalábbis azok első nemzedéke) lényegében számítógéppel vezérelt manipulátorok. És hogy mennyiben „világhódítók”, arról a következőkben lesz szó.



Képzeletbeli robotok

Korábban már szó volt a mechanizmusok fénykoráról, a csodálatos játékok és mutatványok gépezeteiről. Emlékszünk Pierre Jaques-Droz zenélő és festő figuráira. Ezeket látva írta meg 1818-ban Marie Shelley a világirodalom (talán) első „robot-sci-fi”-jét „Frankenstein vagy a modern Prometheus” címmel. Abban az időben komolyan azt hitték, hogy az ember teljesen hasonló egy óraszerkezet mechanizmusához. (Julien La Mettrie: „Az ember mint gép” c. művében 1748-ban ezt „tudományosan” bizonyította!) De maga a *robot* szó századunk szüleménye. 1920-ban írta meg Karel Čapek híres színdarabját „Rossum doctor univerzális robotjai” (RUR) címmel, amelyet először 1922-ben New Yorkban, majd egy évvel később Londonban adtak elő. A színdarab az 1950-es (!) években játszódik, amikor Rossum gyárában titkos folyamattal mesterséges embereket, biológiai androidokat állítanak elő. Egy mikrobiológiai főzetből Rossum szívet és májat, csontot és húst tud készíteni, de valamilyen technikai (vagy inkább elvi) hiba miatt drámai fordulat következik be: nem képes „lelket” előállítani. Rossum robotjai engedelmessé válnak az előírásoknak, de nem éreznek fájdalmat. A szigeten levő gyár egyik látogatójának hatására a robotok „humanizálódni” kezdenek. Vezérük, Radius elégedetlenséget kezd érezni, és vezetése alatt a robotok szembefordulnak alkotójukkal. A színdarab mély hatással volt az egész tudományos-fantasztikus irodalomra, amely napjainkig az akkori

jelmezekhez hasonlóan ábrázolja az intelligens robotokat. A fantázia legjobb terepe nyilván a mozi volt. (Trükkjeit csak a modern videotechnika képes meghaladni.) Az úttörő egy francia filmes, George Méliés volt, aki 1897-ben (!) a „Gugusse, a bohóc és az automata” című filmjén mutatott be először fantasztikus gépembereket.

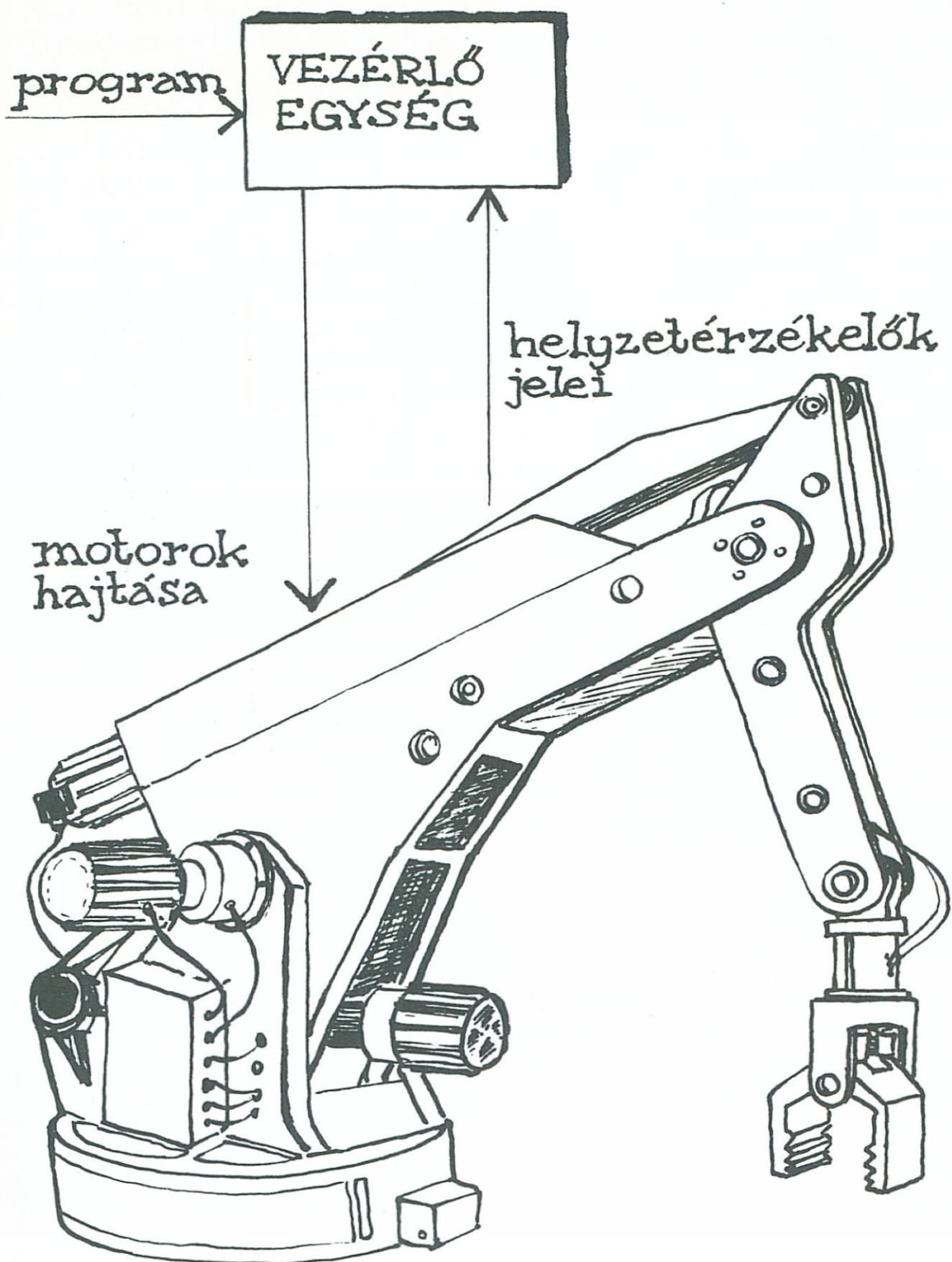
A német Paul Wegener filmesítette meg először, 1920-ban a „Gólem”-et. A híres legenda a XVI. században élt bölcs prágai rabbi, Löw által agyagból gyúrt emberalakról szól, amelyet isten nevével életre keltett. Szombatonként azonban tilos volt dolgoznia, s mikor erről egyszer megfeledkeztek, a Gólem megvadult: törni, zúzni kezdett; végül meg kellett semmisíteni.

Egyik legizgalmasabb robotfilm a „Frankenstein” volt, amelyet Shelley említett regényéből 1931-ben készített James Whale.

Ide sorolható az 1939-ben készült „Óz” (kedves bádogemberével), a japán Inoshira Honda „Misztériumok” c. filmje (1957) és még sok társuk a „Csillagok háborúja”-ig.

E művek közös ars poeticáját az 1926-os „Metropolis” hőse, Rotwang fejezi ki, amikor azt mondja: „soha el nem fáradó és soha nem tévedő, ember formájú gépet készítettem, s így nincs többé szükségünk élő munkásokra”.

A korai robotirodalom és -film „tudósai” valamilyen sejtmanipulációval vagy emberi testek elragadásával emberi formájú, lélektelen és félelmetes eszközöket hoztak létre.



Robotok a valóságban

A robotokkal kapcsolatos mítoszok a következő csoportokba sorolhatók:

1. A robot az emberhez hasonló.

Igaz is, meg nem is. Hasonló, mert munkát képes végezni. Fontos, hogy a robot nem formailag, hanem funkcionálisan hasonlít az emberhez, és így nem „műember”, hanem az ember által programozott és az ember akaratának alárendelt gép. A robot csak és kizárólag algoritmizálható feladatokat képes megoldani.

2. A robot valami egészen új dolog.

A robot lényegében egy mechanikai eszköz, annak egy új típusa. Elvileg nem különbözik a korábbi mechanikai szerkezetektől, „csak” – az elektronika következtében – irányítása összehasonlíthatatlanul rugalmasabb, felhasználási lehetősége igen széles körű.

3. A robotok veszélyessé válhatnak.

Ez csak annyiban igaz, amennyiben minden más nagy teljesítményű gép is balesethez vezethet. Egy érzékelők nélküli ipari robot mozgászónájába kerülő ember valóban baleset áldozata lehet ugyanúgy, mintha a mozgó daru alatt tartózkodik. Talán egyszer lesznek olyan szuperintelligens gépek, amelyek túljárhatnak mesterük eszén és ellen-szegülhetnek akaratának. De ez azon múlik, hogyan programozzuk be a jövő robotjait. Nem a képességek, hanem az általunk megadott lehetőségek fogják megszabni, hogy a robot velünk vagy ellenünk tevékenykedik-e.

4. A robotok új robotokat építenek – így (lényegében) élő szervezetek.

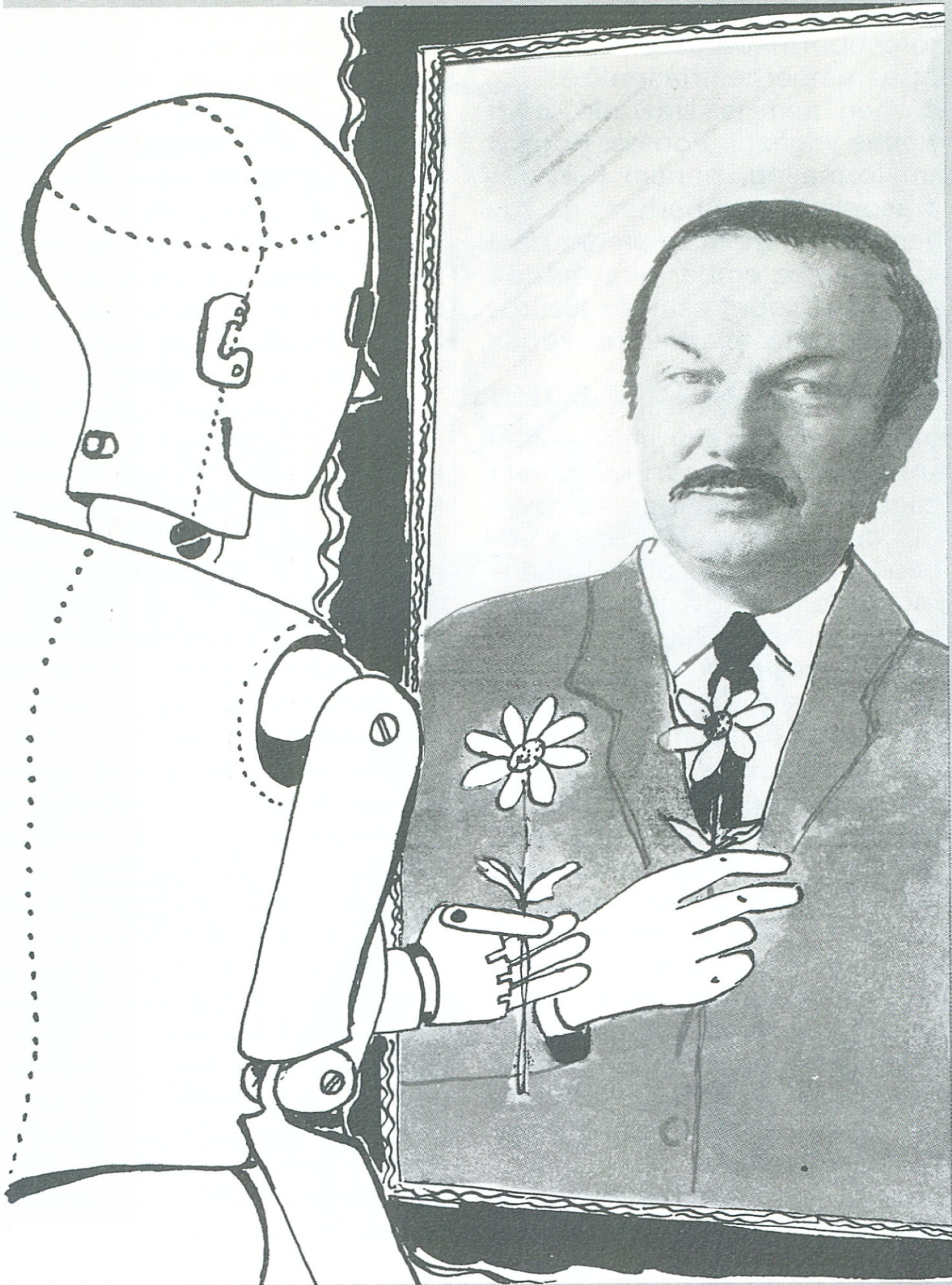
A gépek már elég régen képesek új gépeket építeni, és így természetes, hogy a robotok is tudnak más robotokat összeszerelni. Hamis az a kép, miszerint egy robot önmagában reprodukálni tudja önmagát. Bármennyire is képes egy robot (anyag- és energiafelhasználással) új robotokat létrehozni, ettől még nem lesz élő szervezet. Az életjelenségek és az élettelen világ közötti különbség nem a definíciótól függ.

5. A robotok átalakítják a foglalkozásokat, és a munkát egyszerűbbé teszik.

A robotok a monoton, ismétlődő munkák alól mentesítik az embert. Valóban lesznek megszűnő foglalkozások, de ezzel egyidejűleg új szakmák is születnek, mint pl. a mechatronikus, aki az elektronika és a mechanika ismeretében programozza, javítja és módosítja a robotok munkáját. De nemcsak a termelés, hanem az irodai munka, sőt még a művészet is változni fog, hiszen olyan eszköz kerül az ember kezébe, amit okosan használva valóban felszabadul az igazán emberi tevékenységek elvégzésére.

6. A robotok óriási munkanélküliséget idéznek elő.

A világon a robotok száma a gépkocsiszerelésben a legnagyobb, ennek ellenére ott sem nagyobb a munkanélküliség, mint mondjuk a fémiparban. Ez nem technikai, hanem tipikusan társadalmi probléma; a társadalmi berendezkedésektől függ, hogy az új technika jóléthez vagy munkanélküliséghez vezet.



Mi a robot?

A robot egy mechanikai szerkezetű kéz és kar, amelyet számítógép vezérel. Fontos, hogy megkülönböztessük, ugyanakkor egységében lássuk a technológia két oldalát; a mechanikát és az irányítást. A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet (ISO) meghatározása szerint: Az ipari robot szabályozott mozgású, újraprogramozható, több célú manipulátor több szabadságfokkal, és amely különféle programozható mozgások közepette anyagokat, alkatrészeket és szerszámokat, speciális eszközöket kezelhet. A robotnak öt sajátos képessége van:

1. Tanítható (előírt mozgásokra, viselkedésre).
2. Munkát végez (a környezetében levő tárgyak állapotát az előírt módon megváltoztatja).
3. Érzékel (a környezetéből érkező jeleket felfogja).
4. Adatokat dolgoz fel (a kapott jeleket a megadott program szerint értékeli).
5. Viselkedését módosíthatja (az adatfeldolgozás eredményétől függően).

A robotok nemcsak abban hasonlítanak az emberre, hogy tervszerűen hajtják végre a munkát, hanem abban is, hogy konstrukciójuk és képességeik jellege „emberszerű”. Még az egyes elnevezések is: az agy (a komputer), a kezek (a fogószervek), a karok, a szemek és i.t., amelyek lényegében az emberi központi vezérlésnek, a beavatkozó- és érzékelő szerveknek felelnek meg.

A robot lényegében egy olyan számítógép, amely érzékelő- és beavatkozó

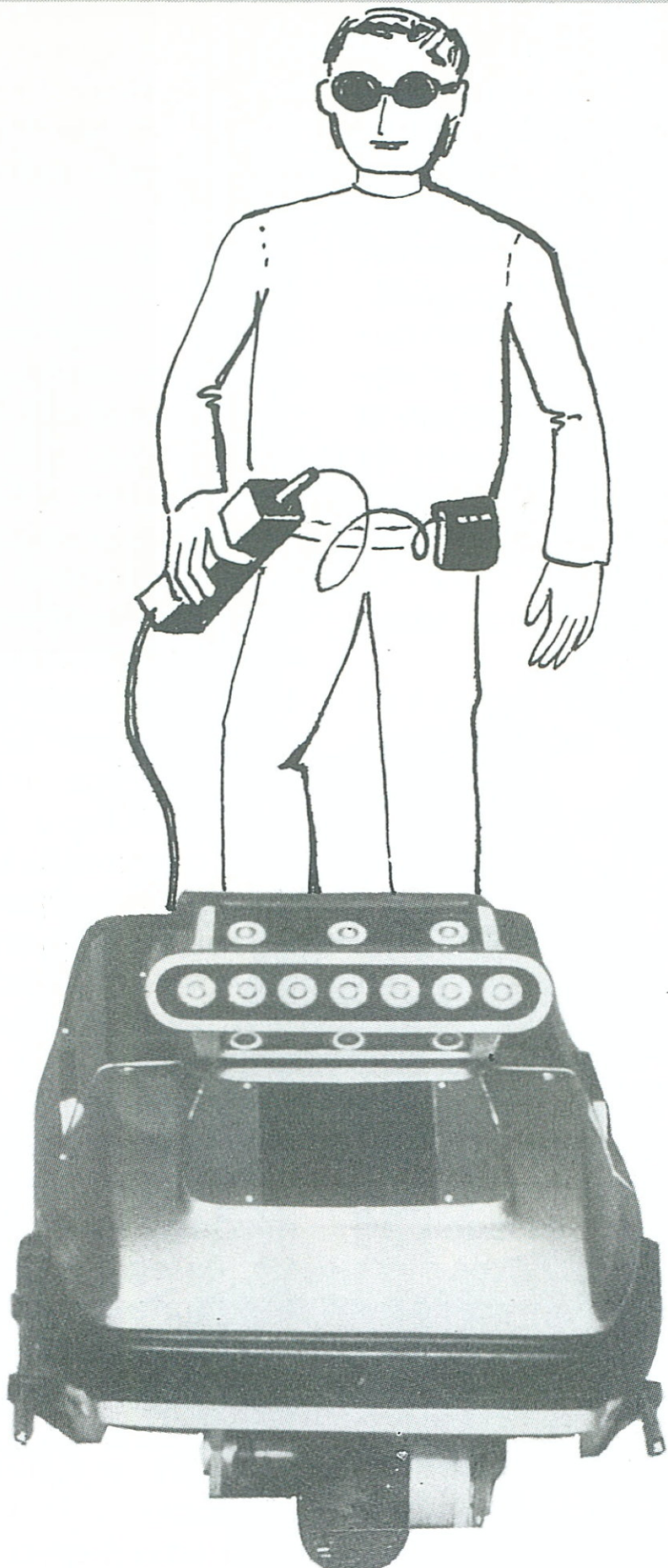
szervekkel van összekötve, tehát a be-táplált program szerint képes a külvilágból jeleket fogadni, azokat feldolgozni, értékelni és ennek megfelelően beavatkozó szervei részére utasításokat adni. A programban *nem* rögzített jelek a számára érdektelenek, a programban *nem* rögzített döntésekre nem képes, a programban *nem* szereplő beavatkozó jeleket kiadni nem tud. Lényegében tehát egy nagyon összetett algoritmikus gép, ami sem most, sem a jövőben nem lesz alkalmas a nem algoritmizálható problémák megoldására.

Nem minden robot rendelkezik a felsorolt képességekkel. Az ún. első generációs robotokat csak az 1. és 2. képességgel ruházták fel. Már ez is nagyszerű dolog, hiszen az állandóan ismétlődő tevékenységet már nem kellett az embernek ellátnia. Ez még – elvében – nem nagyon különbözik a bütyköstengellyel vezérelt mechanizmusoktól. Legfeljebb „csak” annyiban, hogy a számítógépes vezérléssel

– sokkal összetettebb folyamatokat lehet irányítani;

– lényegesen egyszerűbb és gyorsabb a vezérlőprogram átalakítása.

1954-ben George Devolt szabadalmaztatta az első programozható robotot, és egy új szót alkotott: univerzális automata. 1956-ban Engelbergerrel megalakították az UNIMATION céget, amely rövid idő alatt meghódította az amerikai piacot. Az ügyes gépek fokozatosan terjedtek, mert megbízhatóan működtek . . . hacsak váratlan esemény nem következett be.



Érzékelő robotok

A robot karja ütemesen mozog, ujjaival megfogja és átrakja a munkadarabot. S egyszer csak a szalag egy pillanatra megáll, majd újra fut. A „buta” robot azonban továbbra is – a betanított ütemben – nyúl két munkadarab közé, „megfogja” a semmit és átrakja. Apró kiesés, és felborul az egész termelés.

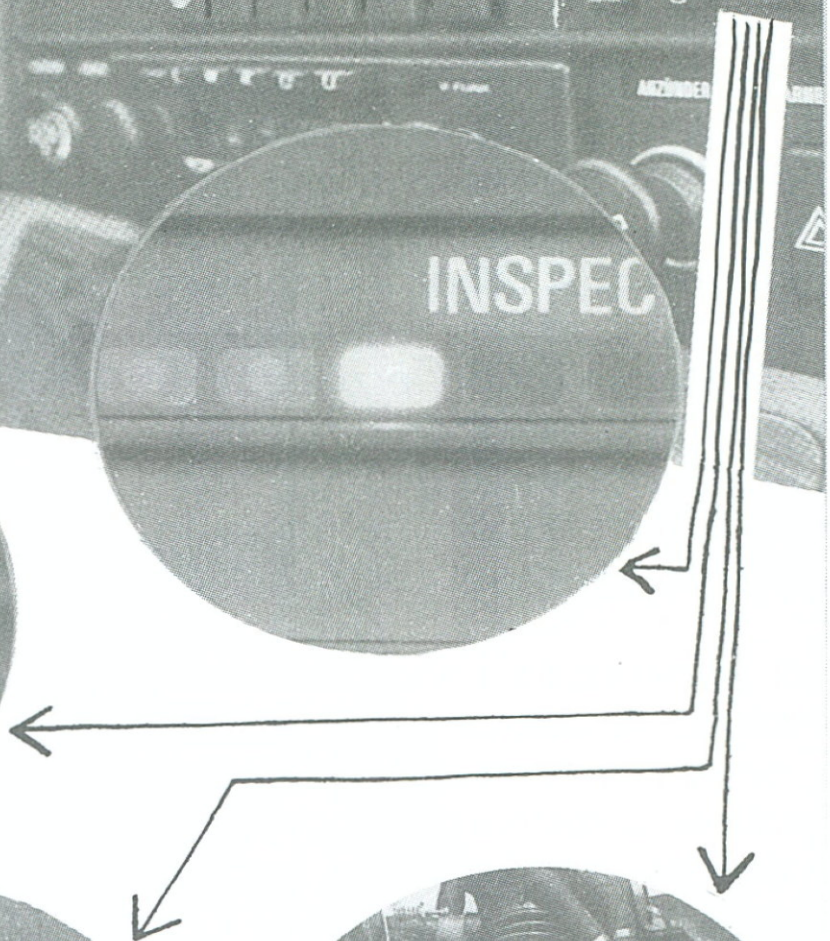
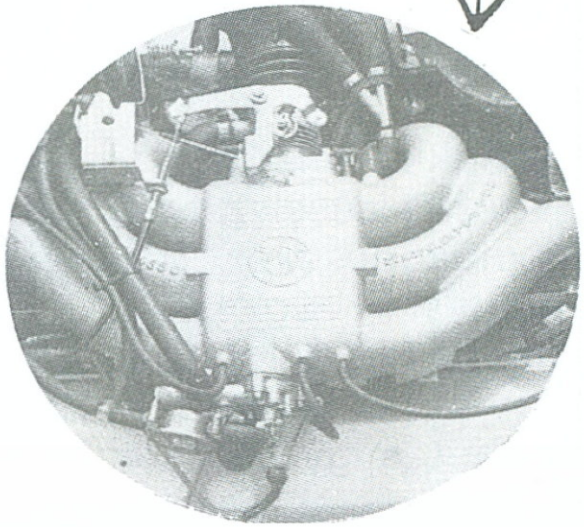
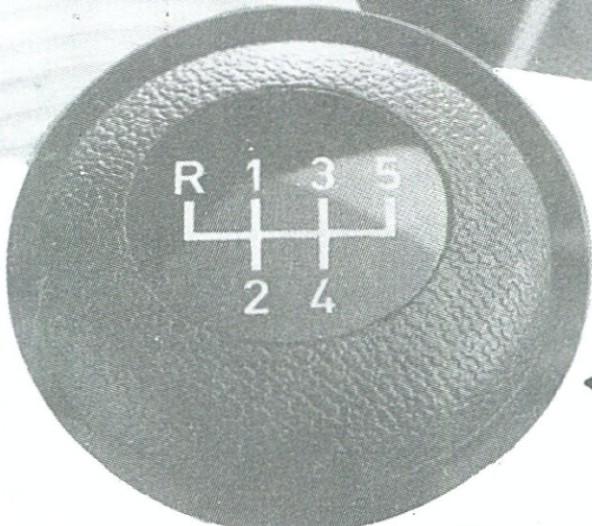
A robotok első nemzedéke csak vezérléssel működik. De ahogy nőttek a feladatok és velük együtt az igények, úgy kellett fejleszteni a robotokat. Felszerelték érzékelő szervekkel, amelyek felismerik a váratlan zavart, módosítják a működést. Egy közönséges gép és a robot közötti minőségi különbség az *intelligenciafaktor*. A robot akkor kezd intelligenssé válni, amikor érzékelőkkel látjuk el. A leggyakoribb érzékelők a fotocellák vagy televíziós kamerák, amelyek jeleit a „számítógépagy” dolgozza fel. Az érzékelők hatására a robot saját ténykedését befolyásolni tudja.

Az *első generációs robotok* vakok, süketek voltak. A *második generációsak* már bizonyos érzékelő szervekkel vannak ellátva, a *harmadik generációsak* már minden érzékszervvel rendelkeznek, még a hangot is analizálni tudják.

Az érzékelőkkel felszerelt robotok – a kapott visszajelzések alapján – szabályozzák működésüket. „Ujjaik” érzékelik az érintést – úgy bánnak a tárgyakkal, mint a hímes tojással. „Szemeik” (általában tv-kamerák) látják a munkadarabot, s így képesek felismerni, megkülönböztetni, osztályozni, ren-

dezni. „Füleik” (mikrofonok) hallják az utasításokat és aszerint módosítják mozdulataikat. A mozgó robotok (pl. ultrahangos) távolságérzékelővel észlelik az útjukba eső akadályokat, kikerülik azokat. Mindez már nem a távoli jövő! A mai ipari robotok képességei is megdöbbenőek: az egyik IBM robot ezredmilliméter pontosan képes követni egy felrajzolt vonalat; egy MILATRON robot másodpercenként több méteres sebességgel halad pontról-pontra megállás nélkül; a kis PUMA (*Programable Universal Machine Assembly*) 120 ezer órát képes dolgozni egyfolytában; egy General Electric robot megtanítható alfanumerikus kódok felismerésére, amelyeket ezután visszaolvas saját szintetizált hangjával.

A Fiat legújabb motorgyára a délolaszországi Termoli városában működik, amely egyetlen, de négy futballpálya nagyságú csarnokból áll. A termelést (alkatrészgyártás, összeszerelés, minőségellenőrzés, gyáron belüli szállítás) 103 számítógép irányítja. A munkafolyamatok összehangolásáról 600 személyi számítógép gondoskodik. Magát a munkát – emberi kéz érintése nélkül – 148 robot végzi. Az eredmény: percenként három autómotor elkészítése, vagyis húsz másodpercenként egy. A termékváltás szinte pillanatok alatt, gombnyomásra történik. A robotokat és a számítógépeket az újfajta munkára átképzett munkások felügyelik, működtetik, irányítják. A motorgyártás területén Európában és Amerikában 1985-ben ez volt a legmodernebb gyár.



Számítógép a gépkocsiban

Ültek már utasként vagy esetleg vezetőként olyan kocsiban, amelyet vizes vagy jeges, csúszós úton hirtelen meg kellett állítani? A gyakorlott vezető jól tudja, hogy ilyenkor a hirtelen fékezés a kerekek blokkolásához, megállásához vezet; emiatt a kocsi már nem gördül, hanem csúszik. Nem lehetne itt is segítségül hívni a számítógépet? Egyszerű feladatról van szó: nem szabad hagyni, hogy a kerekek megálljanak! Természetesen lehet, meg is oldották már. Egy apró érzékelő jelzi, ha a kerekek megállnak. Ebben a pillanatban a számítógép beavatkozó jelet továbbít a fékhengerekhez, és hiába van lenyomva a fékpedál, a fékhenger old, majd újra zár, így megakadályozza a blokkolást. És ez csak egy a számítógép lehetséges funkciói közül. A gépkocsik műszerfalán műszer jelzi a sebességet, a fordulatszámot, az olajnyomást, a vízhőmérsékletet, az irányjelző működését, a pontos időt, a fényszórók bekapcsolt állapotát. És még hányféle adatra lenne szükség! Jó lenne tudni az olajszintet, a fék állapotát, az akkumulátor töltöttségének fokát, hogy világít-e a féklámpa, be vannak-e csukva az ajtók, minden utas bekapcsolta-e a biztonsági övét, mekkora a kerekekben a légnyomás, milyen állapotú az útfelület (száraz, vizes, jeges), mekkora az oldalszél. Szerencsére a gyakorlott autós jól tudja, hogy csak azokra az adatokra van szüksége, amelyek a biztonságos üzemet veszélyeztetik. A gépkocsiba szerelt számítógép segítségével elérhető, hogy csak egyetlen műszer, pontosabban képer-

nyő van a műszerfalon, amelyre az összes érzékelt adat közül csak azok kerülnek ki, amelyek a vezetés szempontjából aktuális információt jelentenek.

A számítógép tehát egyszerűsíti a gépkocsi jelenlegi műszerezettségét. A „fedélzeti komputer” segítségével információt kaphatunk például a pillanatnyi fogyasztásról, a célbajutás optimális útvonaláról, a tartályban levő benzinnel még megtehető távolságról, sőt: szükség esetén figyelmeztethet az aznap még elvégzendő feladatainkra is, CB-telefonnal összekötve tárolhatja a legfontosabb hívószámokat, baleset esetén automatikusan segélyjeleket sugározhat, vagy akár az előre beprogramozott időpontokban áthangolhatja rádióinkat a kívánt műsor meghallgatására. Megfelelő érzékelő szervekkel összekötve biztonságosabbá teheti a rossz látási viszonyok közötti vezetést, előre figyelmeztethet a szabad szemmel nem vagy csak későn észrevehető veszélyekre.

Környezetvédelmi szerepe különösen jelentős, hiszen a távozó égéstermékek állandó ellenőrzésével – a vezető beavatkozása nélkül – szabályozni képes a tüzelőanyag – levegő arányt, és ezzel nemcsak a fogyasztást, hanem a szén-monoxid- és nitrogénoxid-kibocsátást is minimálisra tudja korlátozni. Még útitársnak is nagyszerű egy fedélzeti számítógép, hiszen megfelelő programmal ellenőrizheti a vezető éberségét, rosszulléte vagy elalvás esetén automatikusan és biztonságosan képes megállítani a gépkocsit.



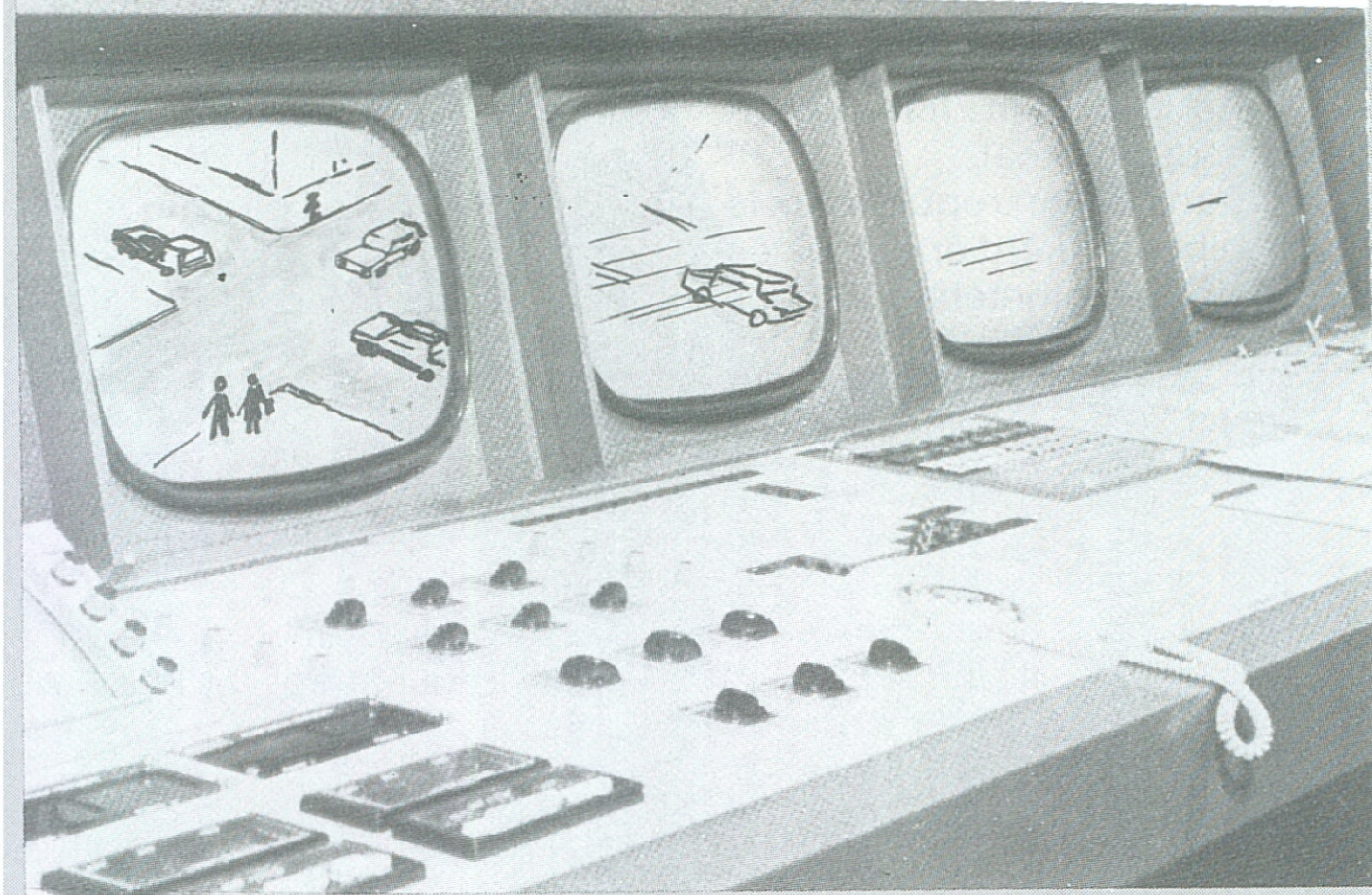
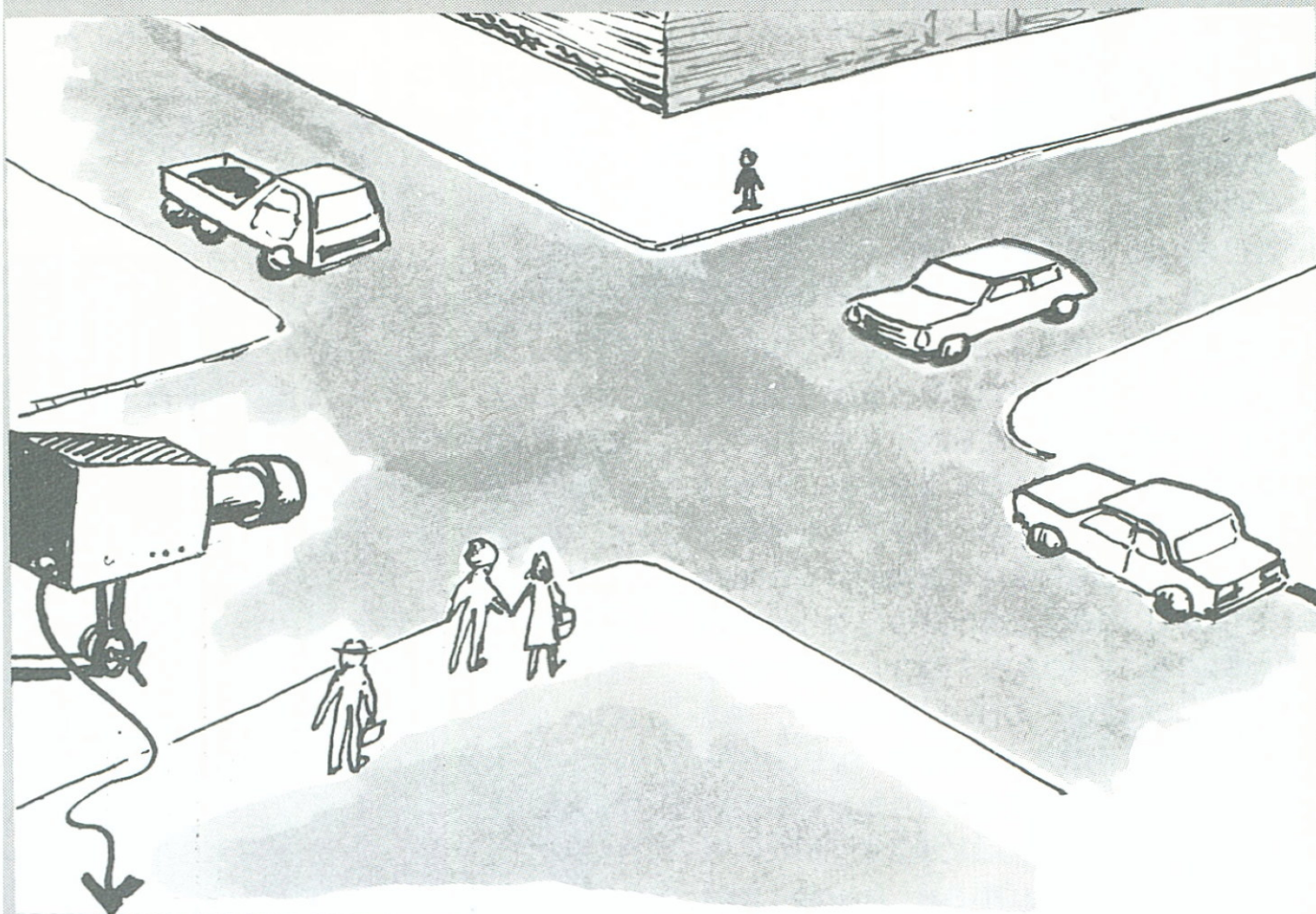
Számítógép a közlekedésben

Századunkban nemcsak a termelés, de a közlekedés is felgyorsult, a Földön szinte megszűntek a távolságok. Ami még száz évvel ezelőtt is hosszú évekig tartó kalandos út volt, az korunkban néhány óra alatt megtehető utazássá egyszerűsödött. Gépkocsik százezrei lepik el az utakat, s még a levegőben is – egyidejűleg – ezernyi repülőgép szállít embert és árut sok ezer kilométeres távolságokra. Micsoda káosz lenne mindebből, ha nem lenne közlekedés-irányítás! A kötött pályán haladó vonatok menetrendjét még viszonylag könnyű volt elkészíteni; igaz, hogy egy-egy váratlan zavar több órás késést, az egész menetrend felborulását eredményezte. Gyermekkoromban még Budapesten volt a főváros repülőtere, ahol a menetirányításnak túlzottan nagy feladata nem volt. Jó, ha naponta két gép érkezett vagy indult a repülőtérrel. A gépkocsiforgalom sem fenyegetett még közlekedési dugókkal.

És napjainkban? Olyan repülőterek is vannak, ahol félpercenként érkeznek és indulnak a gépek. A hihetetlenül megnövekedett mértékű légi és földi közlekedést is úgy kell irányítani, hogy váratlan zavaró hatások ellenére se következzen be tragédiákhoz vezető káosz. Ezeket a feladatokat az ember ma már képtelen lenne ellátni számítógép nélkül. A közlekedési rendszerekben a számítógépes irányítás egész hierarchiája alakult ki. A gépkocsi „fedélzeti komputeréről” már szoltunk, amely nevét a

repülőgéptől kölcsönözte. A korszerű utasszállító gépek fedélzetén levő számítógép műszerek sokaságán keresztül ellenőrzi a gép működését, egységeinek állapotát, és ellátja a robotpilóta szerepét is. A betáplált adatok alapján biztosan tartja az irányt, és a pilótának csak akkor kell közbeavatkoznia, ha a programban figyelembe nem vehető, váratlan hatások lépnek fel. De számítógép van a repülőtéri irányítóközpontokban is, amelyek nyilvántartják a repülőgépek helyzetét, irányát, egymáshoz viszonyított távolságukat, s természetesen a menetrendet. Számítógéppel rögzítik az utasok adatait is, percre nyilvántartva az utaslistát. Nemzetközi számítógépes hálózat könnyíti meg az utas számára az optimális útvonal megválasztását, gondoskodik az előzetes helyfoglalásról, ill. – amennyiben módosítani kívánja a programját – a jegyek cseréjéről. És akkor még nem szoltunk a repülőtéri gazdálkodást segítő programokról: a pénzügyi nyilvántartástól az anyagnyilvántartásig, a repülőgép műszaki vizsgálataitól a személyzeti adatokig. Egy terület a sok közül, amelynek részletes leírása önmagában kötetet tenne ki.

Hasonló példákat hozhatnánk a tengerhajózás vagy az autóbusszközlekedés területéről is. De jelen van a számítógép a városi tömegközlekedés eszközeiben, irányításában és az áruszállító vállalatok mindennapi tevékenységében is.



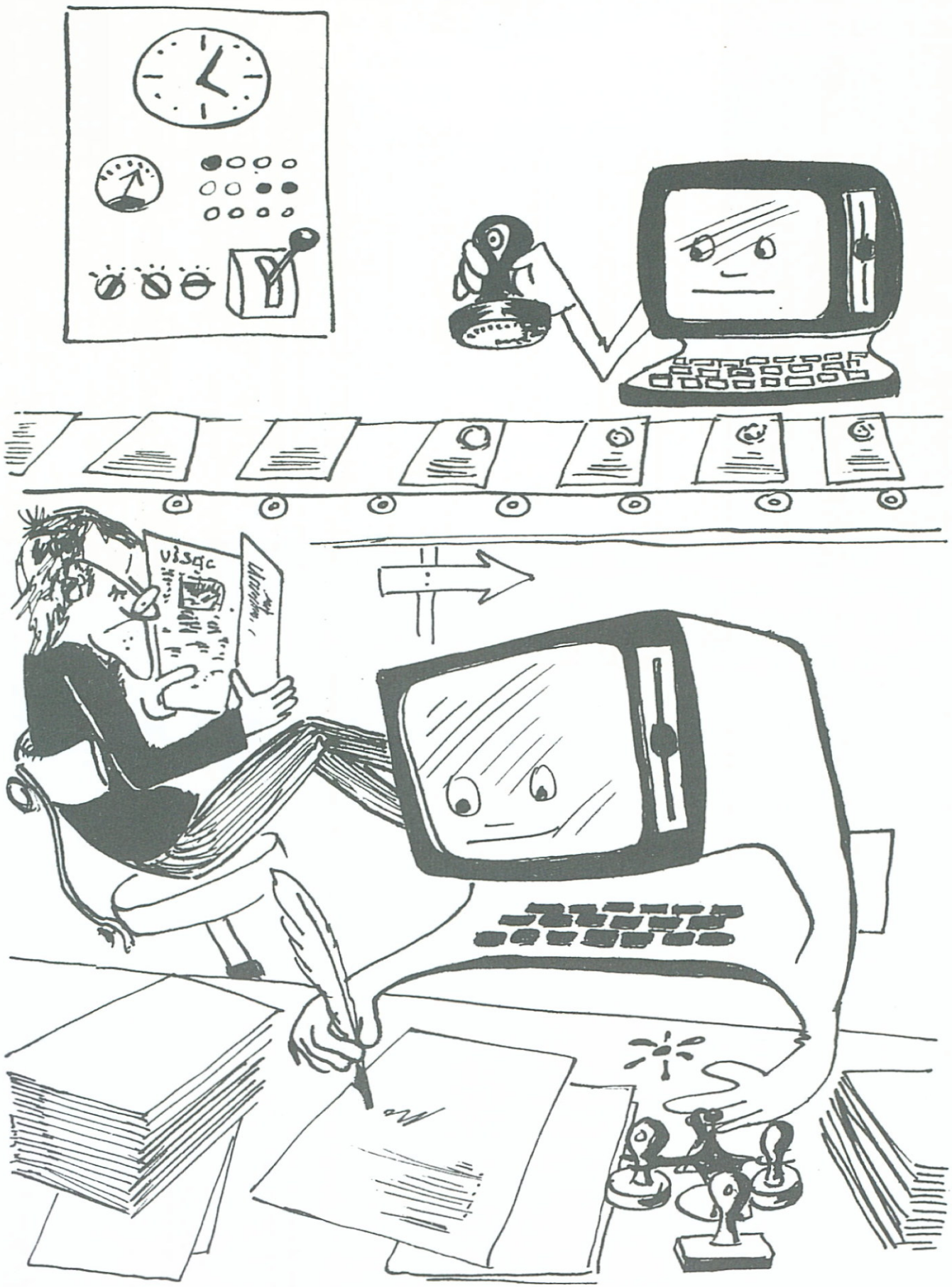
A közlekedés irányítása

Ugye gyakran bosszankodnak azon, ha egy forgalmas útvonalon – a megengedett sebességgel haladva – minden kereszteződésnél tilos jelzést mutat a közlekedési lámpa? Miért nem lehet zöldhullámot kialakítani? – kérdezik legtöbben. Nem is olyan egyszerű! Ha meggondoljuk, hogy pl. a fővárosban nem egyetlen, hanem számos, egymást keresztező főútvonal van – amelynek zöldhullám-összehangolása igencsak bonyolult matematikai feladat – láthatjuk, hogy ez számítógép nélkül nem oldható meg. A programnak arról is gondoskodnia kell, hogy a tömegközlekedési eszközök előnyben részesüljenek, és hogy a megkülönböztető jelzést használó járművek áthaladásakor se boruljon föl az irányítási rend. Ez csak úgy lehetséges, ha a forgalomról visszajelzést kapnak a számítógépek (pl. az úttest alatt elhelyezett hurokérzékelők segítségével), és ennek függvényében nemcsak vezérlik, hanem szabályozzák is a közúti forgalmat. A nagy autópályákon működik ma már számítógépes irányítórendszer, amely érzékeli a forgalom sűrűségét, és hatalmas világító táblákon tanácsot (vagy utasítást) ad a közlekedőknek a torlódások elkerülésére.

Az úttest állapotától és a forgalomtól függően közli a javasolt, ill. megengedett maximális sebességet, az esetleges torlódások esetén terelőútvonalakat közöl.

A közlekedés irányítása az is, ha egy áruszállító vállalat megszervezi járműveinek útvonalát. Hányszor hallottunk már (remélhetően csak múlt időben) arról, hogy a teherautók üresen futnak országútjainkon! A menetirányító számítógép – összekapcsolva a gépkocsikon és a fuvarvállaló irodákban elhelyezett adatfelvevőkkel – kiszámítja a feladó és a célállomás közötti leg gazdaságosabb útvonalat, közli „utasításait” a gépkocsivezetőkkel. Gondoskodik arról, hogy legyen szállítandó áru, mellesleg elkészíti a számlákat, a menetleveleket és azok feldolgozását, sőt a bérszámfejtést is. Megtervezhetjük a két hely közötti legrövidebb, az árut legjobban kímélő vagy a leggyorsabban megtehető utat. És itt még az is „csodálatos”, hogy a gép lényegében ugyanazon algoritmus szerint számol, csak azt kell közölnünk, melyik jellemző értékét akarjuk minimalizálni.

Mindez ma már eleven valóság hazánkban is. A személy- és a teherfuvarozás irányító jeleit „visszhangozzák” a CB készülékek. A budapesti Névtelen utcában korszerű, a jövő igényeit is kielégítő forgalomirányító központ létesült. Egyre több helyen láthatjuk az utcákon a forgalmat figyelő tv-kamerákat. A számítógépes forgalomirányítás már nemcsak az – előre látható – szezonális változásokat, hanem a véletlenszerűen fellépő zavarásokat is figyelembe tudja venni.



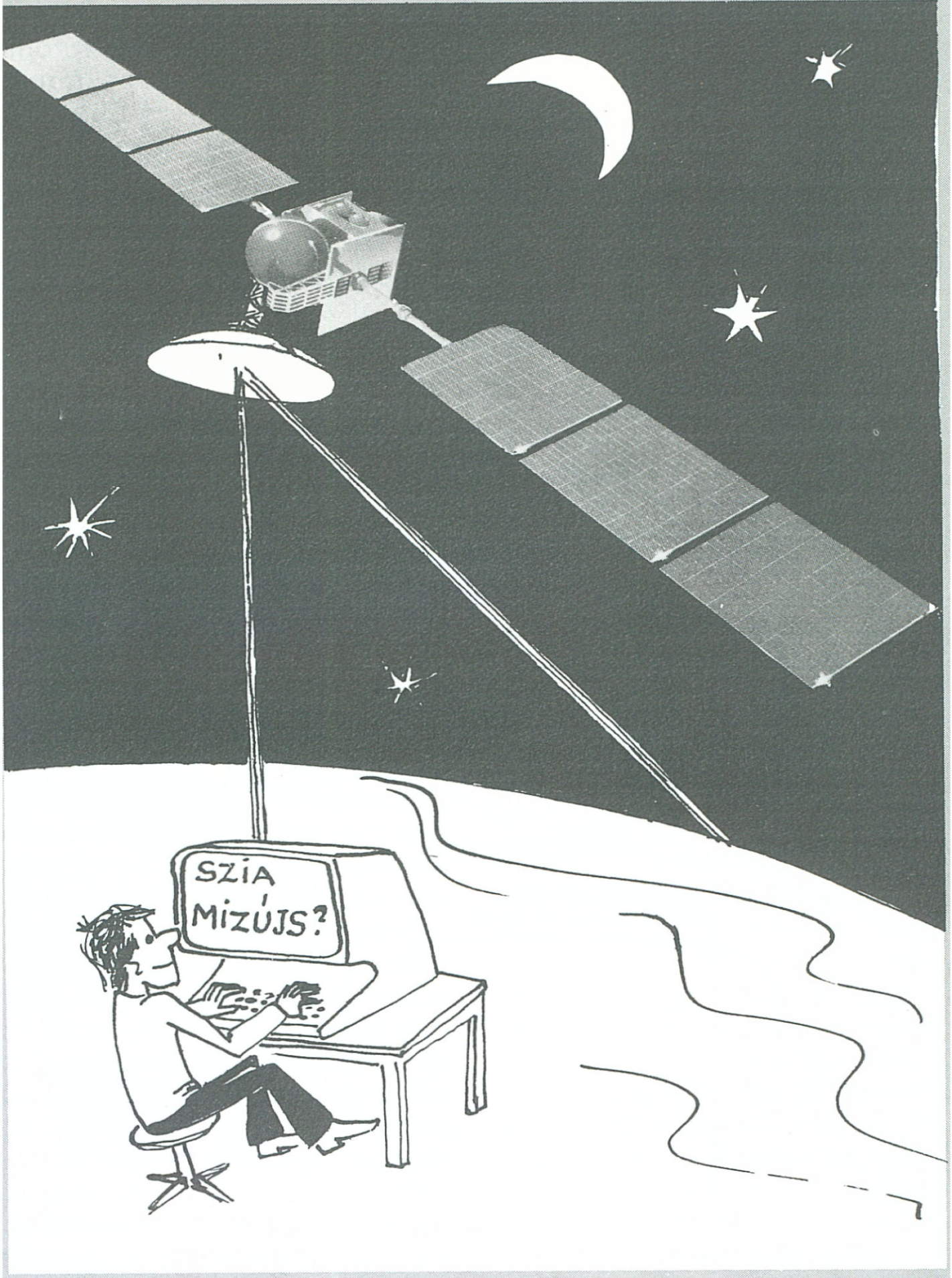
Az irodai munka gépesítése

Egy, a század elején megjelent könyvben olvashattuk e lelkesítő sorokat: „A múlt század bankárja, statisztikusa, pénztárosa heteken át fáradozott, emésztette idejét és idegeit, amíg elvégezte azt, amit ma egy ügyesen kezelt gép egy nap alatt, megerőltetés nélkül el tud végezni. S bárha ez is kíván úgy időt, mint figyelmet, megsokszorozott munkája végeztével sem lesz szellemileg kimerült az ember, hanem frissen tartott gondolatait speciális szakmájának minél intenzívebb, gazdaságosabb fejlesztésére képes fordítani: miáltal teljesítőképesége – a köz számára – ezáltal lényegesen növekszik.” E lelkes sorok a mechanikus számológépet üdvözltek. Századunk második felétől fokozatosan átalakult a hagyományos iroda, és nem véletlen, hogy ennek a folyamatnak egyik forráshelye éppen Japán. Gondoljuk csak el: a japán hivatalnoknak mintegy 3500 kópírásjelet kell ismernie, ennek egyszerű gépesítése (pl. írógép alkalmazása) szinte lehetetlen. A japán irodákban a leveleket – egészen a legutóbbi időkig – kézzel írták. Gyakran több példányra is szükség volt, ezért ki kellett találni a fénymásológépeket. Lényeges előrelépést azonban csak a számítógépektől várhatnak, amelyek segítségével megvalósítható a japán írógép.

A mikroszámítógépek megjelenése forradalmi változást hozott az irodai munkában. A szövegszerkesztő programok meggyorsítják és megkönnyítik a legfárasztóbb irodai tevékenységet, a gépelést. A mágneslemezekon tárolt típuszövegekből könnyen összeállítha-

tó egy-egy körlevél, és az ugyancsak tárolt címlista alapján automatikusan készül el a szükséges példányszámban. A javítások is egyszerűbbek: elegendő a hibás részeket kijavítani, az újraírást a gép már automatikusan végzi. A másológépek és az elektronikus írógépek léte kézenfekvővé teszi, hogy az irodák gépeit hálózatba kapcsolják: a leveleket, rajzokat, fényképeket a kiépített vonalon közvetlenül lehet egyik irodából a másikba továbbítani.

Az adatok, a levelezés, a határidők, a kötelezettségek még egy átlagos irodában is olyan nyilvántartást igényelnek, amelyeket naprakész állapotban tartani szinte emberfeletti energiát igénylő feladat. Az irodai számítógép fáradhatatlan; milliónyi adatot képes megőrizni és adott parancsra megjeleníteni, így a korszerű vezetésben ma már nélkülözhetetlen eszköz. Egy szakíró szavai szerint: „Célszerű, hogy minden vezető minél gyorsabban a vezetés eszközeként használja a mikroszámítógépet. Aki ebben gyorsan cselekszik, a stratégiai vállalattervezés, a marketingtervezés, az alternatív stratégiák értékelése, a pénzügyi tervezés és más területek fejlődésében rendkívüli előnyre tesz szert.” Az irodai mikroszámítógépek lehetővé teszik az információs folyamatok szétosztását és automatizálását, csökkentik az adminisztrációs létszámot, ugyanakkor hatékonyabbá teszik a munkát. A számítógép felszabadít az irodai rabszolgamunka alól is, mivel megszűnik az iratok „kásahegye”: a leveleket, adatokat mágneslemezek, a rajzokat pedig mikrofilmek tárolják.



Az üzenettovábbítás forradalma

„A távolságot mint üveggolyót, megkapod” — írja József Attila. De ez ma már nemcsak altatónak szánt vers.

A híradás talán egyidős az emberiséggel. A tam-tam dobok vagy a füstjelek nagy távolságokra közvetítették a „feladó” közleményeit. A rómaiak nemcsak a hírneves útjaikon száguldó futárjaikkal üzentek távoli tartományokba, hanem sajátos „fénytávíró-rendszerükkel” is. Az egymástól látótávolságra levő közvetítő állomásoknak hosszú hálózata volt, amelyekről fáklyák mozgatóásával, fényük helyzetével továbbították a kódolt információkat. A tengerészek zászlójelzéseinek, a szárazföldi (szemaforhoz hasonló) hírközvetítők jeleinek adására és vételére, megértésére csak az volt képes, aki a jelzések kódjait ismerte.

Az információ továbbításának sebességétől függ biztonságunk, gyakran még életünk is. Hogy milyen értéke van az információnak, jól szemlélteti a világ egyik leggazdagabb családja, a Rothschild-család története: vagyonukat az alapozta meg, hogy elsőként értesültek a Waterlooi csata kimeneteléről.

Az információhiány következményeire példa az 1815-ös New Orleans-i csata — ahol közel kétezer ember életét veszítette —, amelynek meg sem kellett volna történnie, minthogy Nagy-Britannia és az Egyesült Államok már 15 nappal korábban aláírta a békeszerződést.

Ez az információ azonban késve érkezett a szemben álló felekhez.

A társadalom fejlődésével együtt nőtt az információk szerzésével és továbbításával kapcsolatos igény is. Mint a már említett sok területen, a minőségi változást itt is az elektromosság alkalmazása hozta. A Morse távírója, majd a Marconi szikratávírója által küldött információ már nem függött a látási viszonyoktól, vagy a futár sebességétől. Szinte azonnal (a fény sebességével) volt képes nagy távolságokra átvinni híreket. Innen már mindenki számára ismerős az út. Századunkban elterjedt a rádió, és második felétől kezdve már a távolba látás, a televízió is. A képernyő előtt ülve nemcsak a Föld túlsó oldalán levő ünnepeken, eseményeken vagyunk jelen, hanem még a világűrben található űrhajókat is láthatjuk, és együtt léphetünk a Hold felszínére az űrhajósokkal. Helyszíni közvetítést kaphatunk más bolygók felületéről, s talán rövidesen láthatjuk az üstökösök vagy a Naprendszeren kívüli égitestek felületét is — közvetlen közelről. Már évek óta műholdak továbbítják a televíziós adásokat sok ezer km-es távolságokra. Rövidesen már az ún. stacionárius pályán „lebegő” műholdak adásait is közvetlenül lehet venni, és úgy válogathatunk majd a televíziós műsorokban, mint ma a rádióadásokban. Forradalmi változás — és még nem vagyunk a végén!

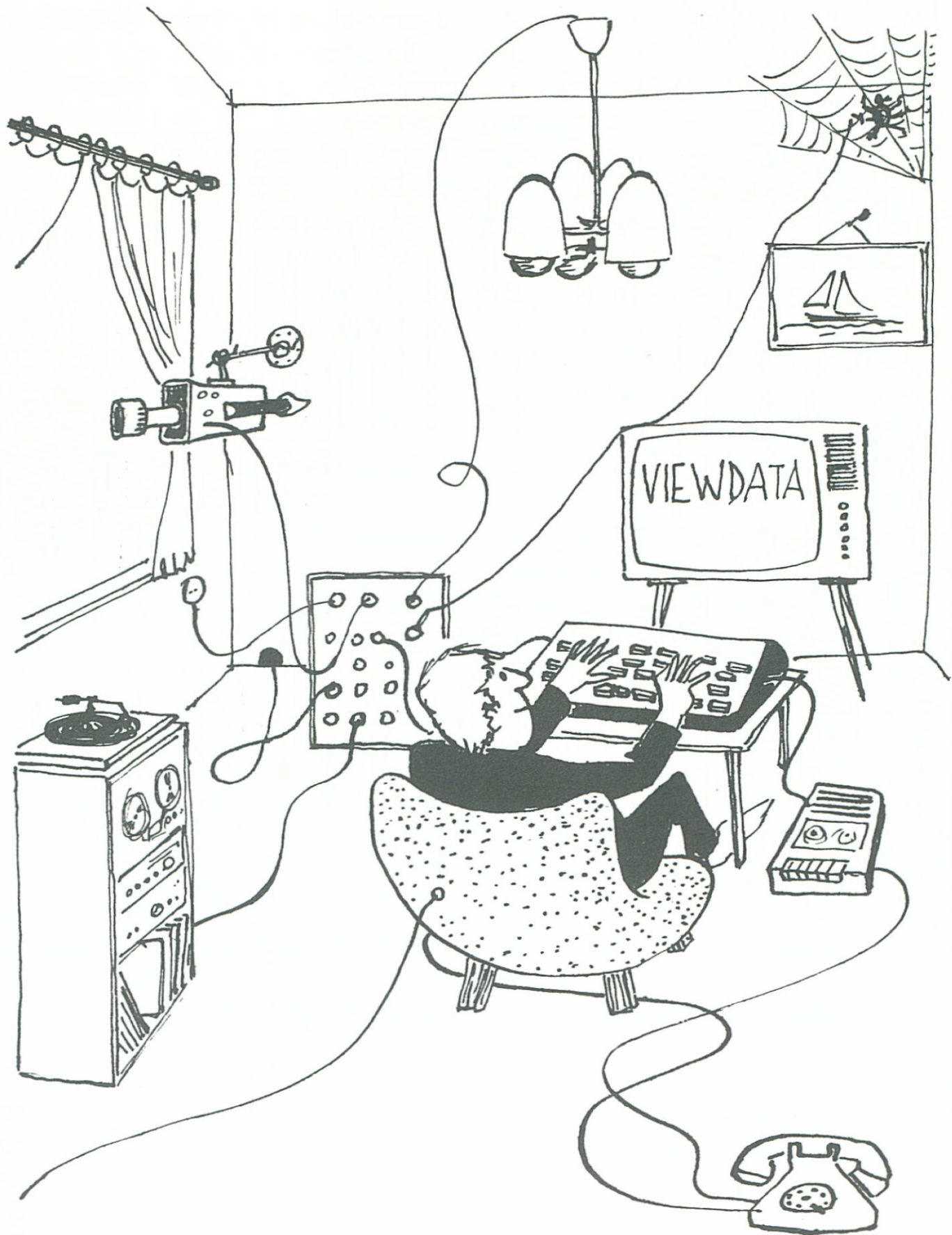


Elektronika a lakásban

Pihenjünk meg egy kicsit, és nézzünk körül saját lakásunkban! Milyen tárgyak vannak, amelyekben elektronika van? Lassan már könnyebb lesz megkérdezni, hogy melyek azok a tárgyak, amelyekben nincs elektronika. Mindenki tudja, hogy a rádió és a televízió elektronikus szerkezetek. Kevés otthon van, amelyben nem található magneton, lemezjátszó, s lassan már a képmagnó, az ún. videomagnó sem elérhetetlen. De elektronika van a modern telefonkészülékekben is; elektronika vezérli az automata mosógépet, a korszerű grillsütőt, a hűtőgépet és sok egyéb háztartási gépet. A világítás fényerőszabályozása is elektronikus, és a betörés elleni legbiztosabb védelmet az elektronikus rendszerek szolgáltatják. A kvarcvezérlésű (analóg és digitális) órák olcsóbbak és pontosabbak, mint a hagyományos időmérők. És bármily hihetetlennek hangzik, de a nem nagyon távoli jövőben megszokott eszköz lesz a legtöbb háztartásban a mikroszámítógép is. Az Egyesült Államokban már az elmúlt évben közel 20 millió darab volt belőlük, amelynek háromnegyedét az előző két évben szerezték be a családok. Ez talán az egyetlen árucikk a világon, amelynek ára évek óta rohamosan csökken. Kezeléséhez nem kell több szakértelem, mint egy automata mosógéphez vagy egy televízióhoz. Az Apple cég új gépe, a MACINTOSH programozása, irányítása a képernyőn

megjelenő grafikai jelek segítségével történik, amelyet még egy írni nem tudó gyermek is könnyen megért.

És most lépünk egy nagyot! Összegeztük, hogy milyen elektronikai eszközök vannak, ill. lesznek lakásunkban. Ha kissé elgondolkodunk napi munkánkon, otthoni tevékenységünkön, könnyen belátjuk, hogy az információhullám már házunk táját is elérte. Tájékozódni kell a napi hírekben, az időjárásjelentéstől a közlekedési információkig, a színházi hírektől a könyvkiadási közleményekig. Tudnunk kell, hogy milyen háztartási cikkekre, élelmiszerekre van szükségünk, és ezekből mennyit tartunk otthon. Sűrűsödnek feladataink; egyre nehezebb a saját programunkat is nyilvántartani. Művelődésünk is egyre több és több adatot igényel, olyanokat is, amelyeket lexikonjainkban nem, vagy csak nagyon nehezen tudunk megtalálni. Nem létesíthet otthon mindenki egy irodát, amely ellátja őt a szükséges információkkal. De az irodai adminisztrációról és arról, hogy mit segít annak korszerűsítésében a számítástechnika, már szóltunk. És otthon? Ugyanez, vagy legalábbis ehhez hasonló rendszer alakítható ki anélkül, hogy professzionális célokat kielégítő, és így drága egységeket kellene megvásárolnunk. A már felsorolt mindazon eszközt – amely otthonunkban található – összekapcsolva egész számítógépes rendszert lehet létrehozni.



Integrált rendszer a lakásban

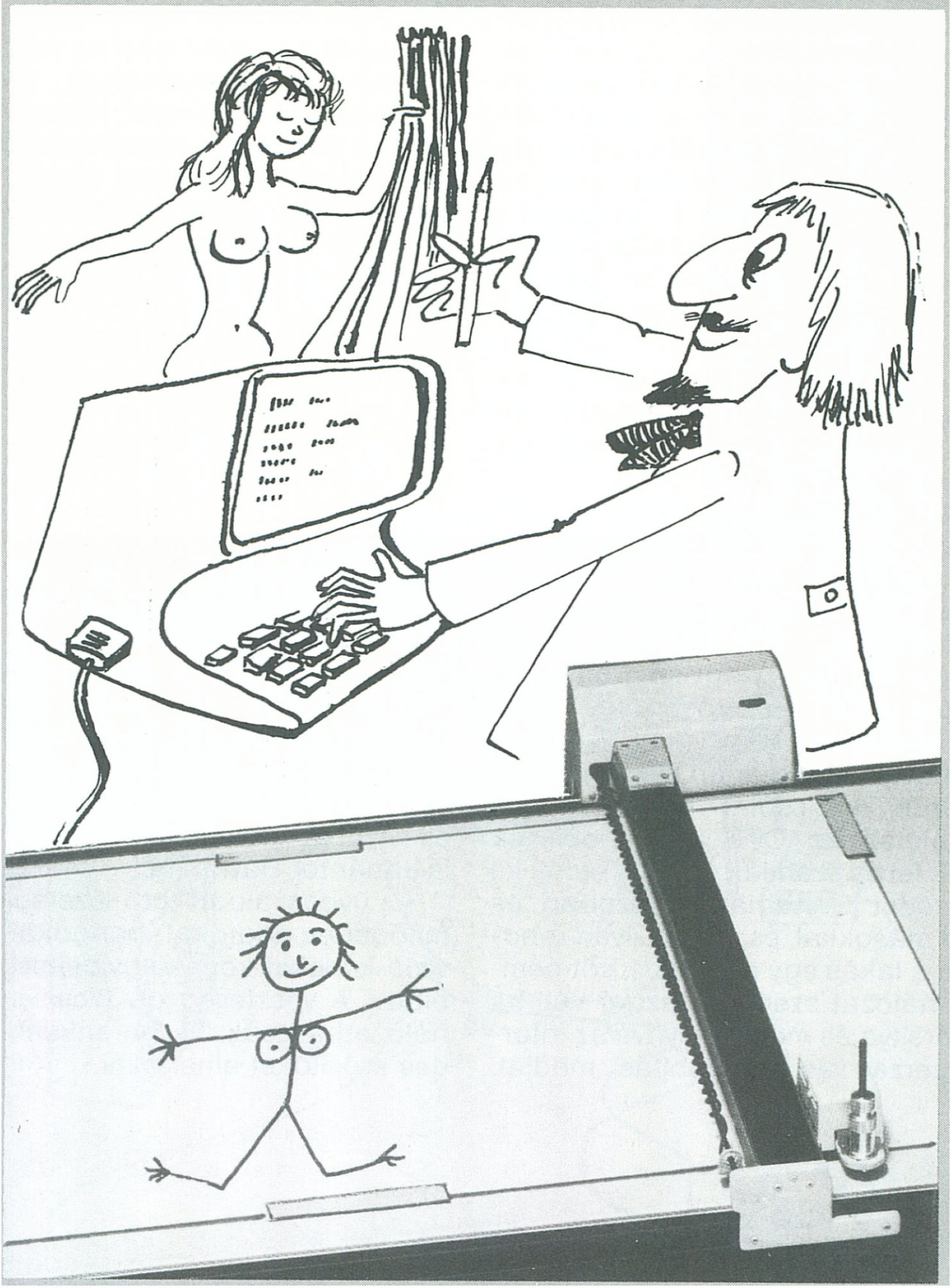
Egy nagyobb épület vagy épületegyüttes televízió-készülékei az „antennaerdő” megszüntetésére épített központi antennáról kapják a jeleket. A kábeltelvízió azonban több, mint központi antenna. Ez egy kiépített hálózat, amelyen keresztül külön műsorok is szolgáltathatók az előfizetőknek, és nincs akadálya annak, hogy a tv-készülék tulajdonosa is továbbítson jeleket a központnak. Így nemcsak az válik lehetővé, hogy több (köztük külföldi) adó jó minőségű képe is bejőjön a lakásba, hanem az is, hogy a kábelen oda-vissza is áramoljanak információk.

Adott a lehetőség, hogy ha összekötjük a tv-vel saját magnetofonunkat és mikroszámítógépünket, olyan integrált rendszer jöjjön létre, amely önállóan is „számítóközpontként” működik. Ez alkalmas arra is, hogy nagy központi számítógépekkel információs kapcsolatba lépjen. A beépített kábeleken keresztül leolvashatók a lakásban levő gáz- és villanyórák; kapcsolat létesíthető az áruházzal, az OTP-vel; rendelések adhatók fel és számlák egyenlíthetők ki. Párbeszédet folytathatunk szóban és írásban másokkal, és i.t. Egy ilyen rendszerben a lakás egy országos, sőt nemzetközi hálózat szerves részévé válhat, meggyorsítva és megkönnyítve az információszerzést és -továbbítást módját.

Egy ilyen hálózat segítségével friss információkat kaphatunk az érdeklődési körünknek, szakmánknak megfelelő legújabb eseményekről, fejleményekről. Mindez nem álmom! Számítógép-hálózatok már ma is léteznek. Egy-egy hazai számítóközpontból a telefonvonalon keresztül kapcsolatot teremthetünk a világ legnagyobb adatbankjaival, és — persze megfelelő térítés ellenében — naprakész információkat szerezhethetünk gazdasági, pénzügyi, tudományos és műszaki területekről.

Mindezekhez hozzásegít századunk egy újabb csodálatos találmánya, az üvegszál-optika. Ez egy olyan vezeték, amelyben fénysugarak továbbítják az információkat hihetetlen sebességgel és sűrűséggel: 300 millió bit másodpercenként! Ezt a határt is a mai félvezető-technika korlátozza csak, amelynek további fejlődésével az átvihető információk sebessége még tovább növelhető. 1980 óta több ezer km hosszúságú optikai kábelt fektettek le, és 1-2 éven belül elkészül az első tenger alatti üvegekábel is Japántól Hawaii-ig.

Az üvegszálban futó lézersugár számítógépes adatokat, hangokat és televízió-képeket képes egyidejűleg továbbítani. A veszteség oly kicsiny, hogy a hálózatba csak 35 km-enként szükséges erősítőket elhelyezni.



A rajzológép

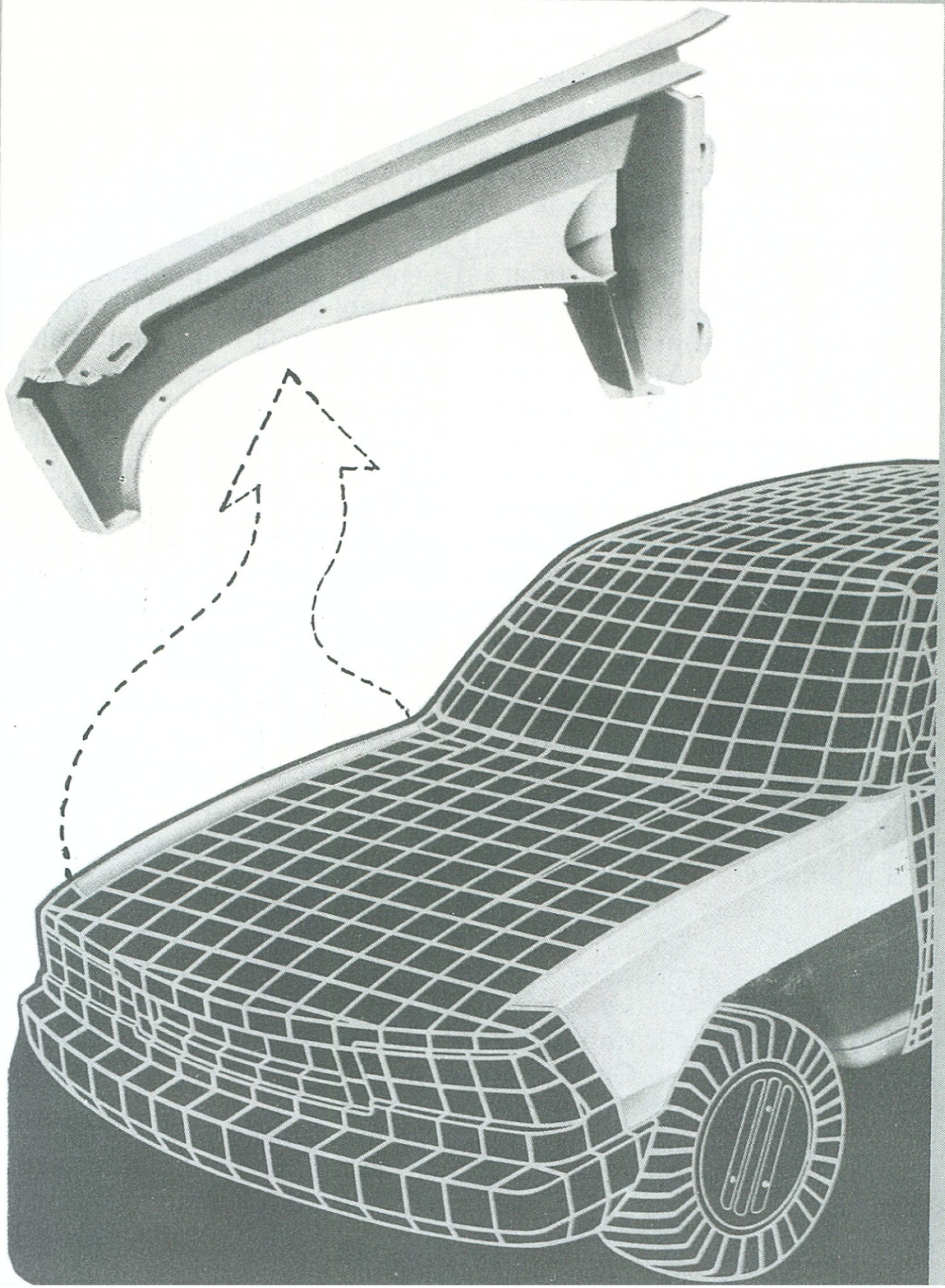
Egy kis, fekete színű tábla van előttem, amelyet kábel köt össze a mikroszámítógéppel. Kedves kis koalamackó képe jelenik meg a képernyőn, majd ezután egy menü, amelyből választhatok. A választéknak megfelelően a fekete táblára húzott vonalak, ábrák megjelennek a képernyőn. Kedvemre rajzolhatok, és színezhetem az ábrát tetszés szerint. Még radírozni is könnyen lehet. Valóságos kis festőpaletta, amelyet azonban a „számítógép” kelt életre. (Milyen megszűrére kerültünk a számításoktól!) Játék? Szórakozás? Az is, de annál azért több. Az iparművész kezében az új formák, minták tervezésének gyors és hatékony eszköze. A tanár (az óvodától a felsőfokú képzésig) oktatási segédeszközként használhatja, és természetesen kissé bonyolultabb kivitelben — segédeszköze a tervezőmérnöknek is.

Mi mindenre képes a rajzológép? Megrajzolhatjuk egy új ház, gép vagy útszakasz képét, mégpedig három dimenzióban. Egyes részleteket kinagyíthatunk; ellenőrizhetjük, módosíthatjuk formáját és szerkezetét. Térben forgathatjuk: körben, alulról és felülről is megtekinthetjük, milyen lesz a valóságban. Beleilleszthetjük abba a környezetbe, ahová szántuk, és szemlélhetjük leendő összhangját vagy éppen diszharmóniáját a meglévő környezettel. Gondoljuk csak meg, milyen csodálatos, a korábbi eszközökkel megvalósíthatatlan lehetőség végigjárni egy még fel sem épült épület folyosóit és szobáit, vagy végighajtani egy tervezett autópályán! Magunk

előtt látjuk — szinte megvalósulva — a még csak elképzelt létesítményt, módosíthatjuk a tervet mindaddig, amíg tökéletesnek nem érezzük. Változtathatjuk a színeket, a formát, a vonalvezetést; végül mágneslemezen tárolhatjuk és papírra is kinyomtathatjuk, vagy éppen fényképet készíttethetünk róla. Ez már *tervező* gép, pontosabban számítógéppel segített tervezés (Computer Aided Design: CAD). Figyelem! Számítógéppel *segített* tervezés, és nem számítógépes tervezés! A nevében benne van, hogy a tervező továbbra is az ember marad; a gép nem helyettesíti, csak segíti a tervező munkáját. Ez a segítség azonban óriási! A mérnöknek gyakran elemekből kell építkeznie, pl. gépelemekből összerakni géprendszereket, építőelemekből épületeket, épületgépészeti elemekből összeszerelni a víz- és gázellátást, a csatornahálózatot. A hagyományos tervezésnél ezeket az elemeket katalógusokból kellett kikeresni, ami hosszadalmas, monoton és fáradságos munkát jelentett.

Ma már mód van arra, hogy a gép ún. digitális rajzolásójába behelyezett képek a tárba kerüljenek, azok adatait mágnesszalagon vagy mágneslemezen tárolják. A képeket bármikor előhívhatjuk a képernyőre, ahol úgy játszhatunk az elemekkel, mint a gyermek a LEGO játékkal.

Szétszedve és összerakva, hozzátéve és elvéve valamit — kialakíthatjuk a funkciónak és a környezetnek megfelelő szerkezetet és formát.



A tervezés

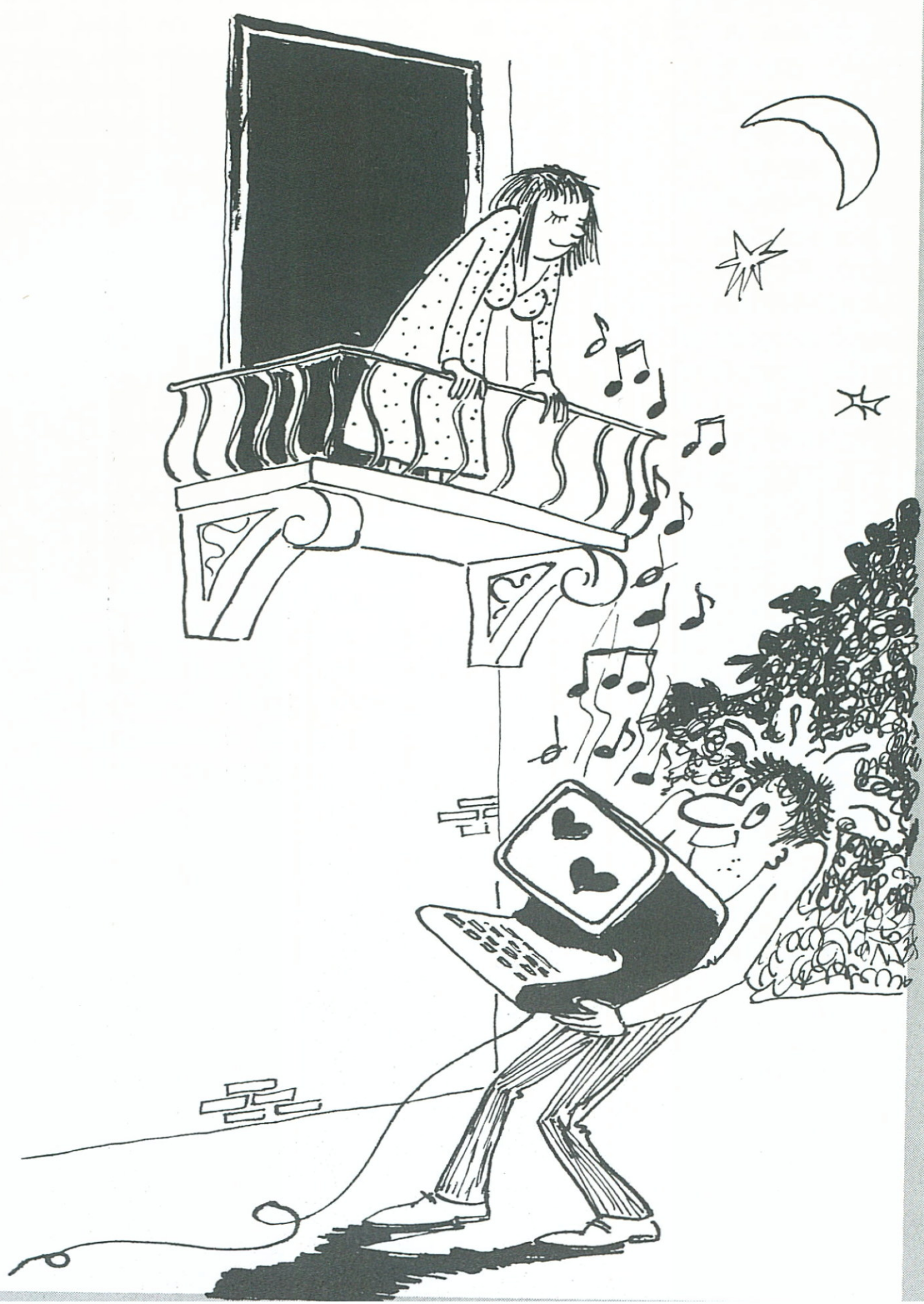
A számítógéppel segített tervezésnek csak egyik oldala a rajzoló munka. A felhasználó az elkészült gépekből vagy utakból csak a felszínt látja: a formát, a külalakot. Baj van, ha már arról is tudomást szerez, hogy az esetleg szép külső mögött silány belső, rosszul kialakított szerkezet és nem megfelelő anyag rejtőzik. Az sem közömbös, hogy az új termék előállítása mennyibe került. A megbízható és gazdaságosan előállítható termék tervezéséhez bonyolult számítások szükségesek, amelyet még az is nehezít, hogy a rendelkezésre álló anyagok választéka adott. A hagyományos módon tervező mérnök kezében szinte egyidejűleg volt ott a körző, a vonalzó és a logarléc. A gépelemtáblázatok mellett ott szerepeltek az anyag tulajdonságait, terhelhetőségét és árát jellemző adatok is. A számításokban elkövetett legkisebb hiba is elegendő lehetett arra, hogy a megvalósítás kudarcot valljon. A CAD rendszer nemcsak az elemrajzokat és az egyes elemekhez tartozó adatokat, hanem a tervezés során felhasználandó számítási összefüggéseket is tárolja. A statikai és dinamikai ellenőrző számítások összefüggéseit viszonylag kisebb programrészletek tárolják, amelyek bármikor előhívhatók, és „közlik” az ellenőrző számítások eredményeit.

A mérnöki tervezés nemcsak a gyártmány, hanem a gyártás folyamatának megtervezését is jelenti. Gyakran éppen

a gyártástervezés során derül ki a gyártmányterv néhány hiányossága, amely miatt a kivitel gazdaságtalan, vagy egyenesen megvalósíthatatlan. A számítógépes gyártástervezés (Computer Aided Planing: CAP) kiegészíti a CAD-t. Ezek a fejlettebb, integrált rendszerekben már egymással párhuzamosan működnek. Ha visszagondolunk arra, amit a számítógéppel vezérelt szerszámgépekről és robotokról mondtunk, láthatjuk a fejlődést. Előttünk van a számítógéppel segített gyártásnak olyan rendszere, amely a rendelésfelvételtől, az anyagbeszerzéstől a gyártmány- és gyártástervezésen, a teljes gyártási folyamaton keresztül a minőségellenőrzésig (Computer Aided Quality: CAQ), sőt a raktározásig, az eladásig, a forgalmazásig terjed. Ezt az összefüggő, ma még csak elképzelésekben meglevő, de elvileg már ma is megvalósítható összefüggő rendszert CIM (Computer Integrated Manufacturing)-nek nevezik.

Ebben a rendszerben a központi nagyszámítógépet – egy helyi hálózaton keresztül – számtalan mikroszámítógép, terminál, érzékelő- és beavatkozó szerv segíti, látja el adatokkal, ill. fogadja el utasításait.

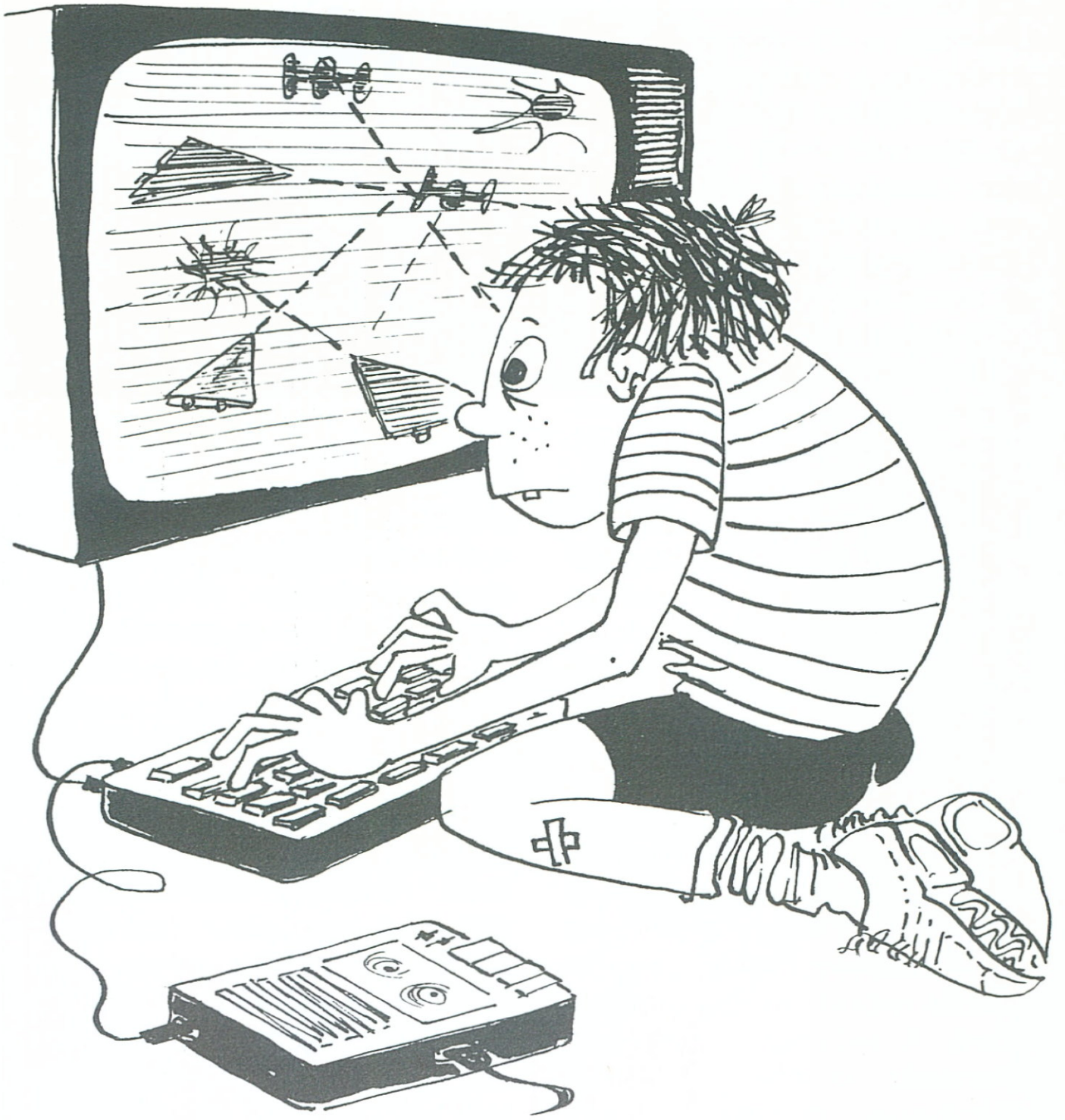
Ezzel valóban megvalósulhat az „ember nélküli gyár” elképzelés, amely szerint a gyárat a számítógép irányítja, emberi tevékenységet csak a gépek felügyelete, programozása igényel.



A művész eszköze

Nicolas Schöffer, a világhírű művész mondotta egy televízióadásban, hogy a görög szobrászat a vasszerszám feltalálásával vált lehetővé. Ez nem csökkent a régi görög művészek tehetsége iránti csodálatunkat, csak éppen azt a tényt fejezi ki, hogy a kő- vagy a bronzkorszak eszközeivel sosem lettek volna képesek elképzeléseiket márványba faragni. Ehhez hasonlóan új eszközt jelent a művész kezében a számítógép. Az iparművész, a grafikus vagy a rajzoló-master lehetőségeiről az előbb már szó volt. Már ma is lenyűgöző alkotásai vannak az ún. számítógépi grafikának. Nemcsak a tv-adásokban, hanem az animációs filmekben is megcsodálhatjuk a számítógép segítségével létrehozott alkotásokat, amelyekben soha nem látott színek, formák mozgó kavalkádja tárulhat szemünk elé. De a számítógéppel zenét is lehet szerezni! Ismételten figyelmeztetünk: nem a számítógép szerzi a zenét, hanem a számítógép felhasználásával a zeneszerző szerzi a zenét! Maga a gép pl. annak lehetőségét adja a művész kezébe, hogy olyan hanghatásokat, hangszíneket is tud alkalmazni, amelyek a valódi hangszereken nem szólaltathatók meg. Ezek a hangtechnika egyéb lehetőségeivel (sztereo- és kvadrotechnika) együtt csodálatos zenei művek megszületését teszik lehetővé. A művész tehetségét, érzéseit, katarziszát azonban egyetlen gép sem pótolhatja, és nem is fogja sohasem. Ez nem azt jelenti, hogy eset-

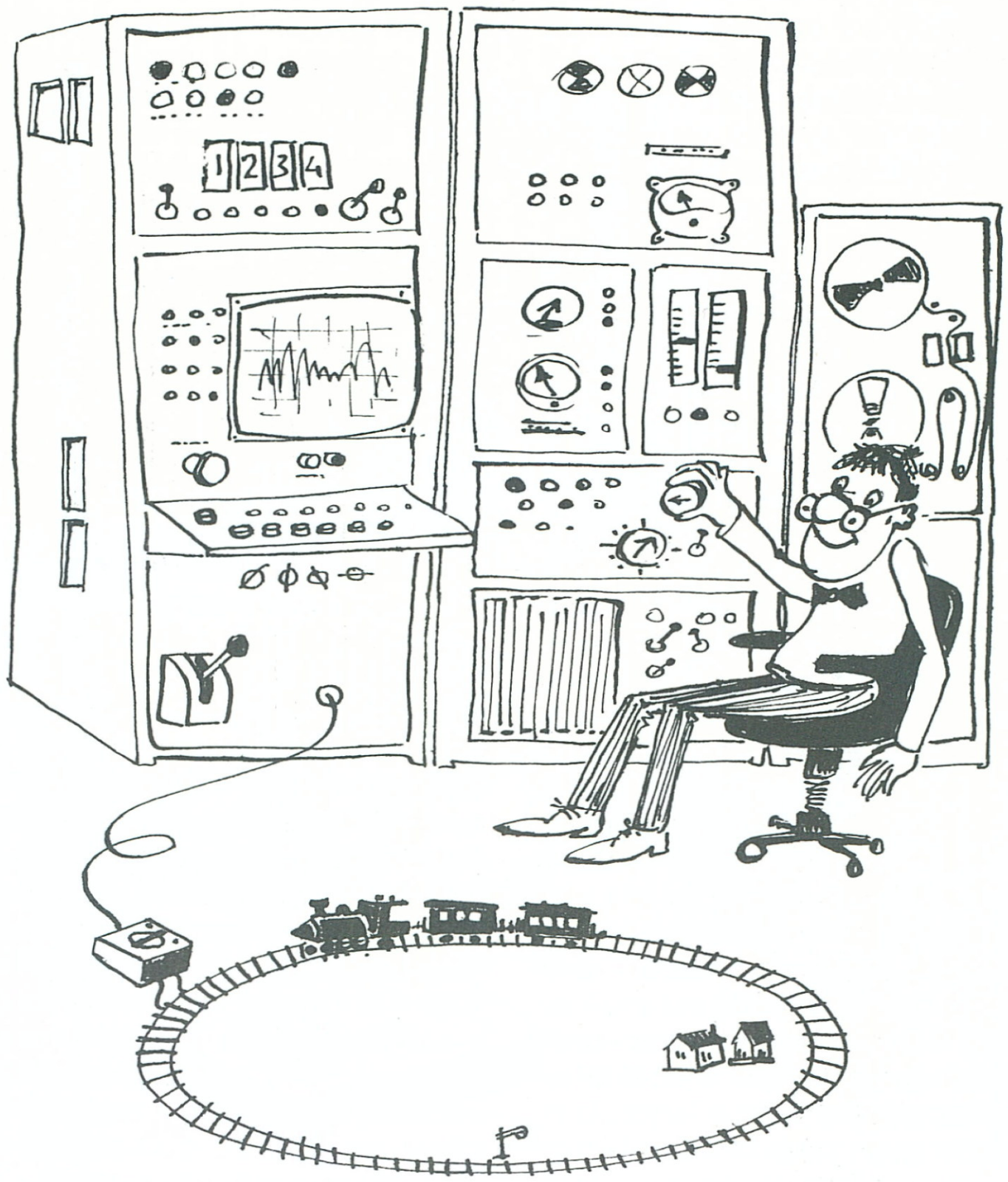
leg az ember nélkül, véletlenszerű vagy előírt rendben ne lehetne „zeneszámokat” összeállítani és megszólaltatni a számítógéppel. De ez nem lesz művészi alkotás, mivel a programot nem a művész készíti (legfeljebb csak azok vélik annak, akik festménynek neveznek egy, a majom farkára kötött ecsettel, vagy festékekkel leöntött embereknek a vásznon való fetregésével előállított mázolásokat!). Hogyan lesz egyáltalán zeneszerszám a számítógépből? A hangokról már régen tudjuk, hogy különböző rezgésszámú és erősségű hullámok. Ezeket a rezgéseket számjegyek sorozatával is megadhatjuk. (Szakszerűbben: a hangokat digitalizálhatjuk.) A zenét szerzőnek persze mit sem kell tudnia erről. Ez a gép „belső ügye”. A billentyűzet és/vagy a képernyőre rajzolt kotta segítségével összeállítható az elképzelt dallam, amelyet a gép a saját vagy külső hanggenerátorokon keresztül megszólaltat, és egyben tárol is. Mint az imént a szövegszerkesztésnél a gépelt szöveg tárolásáról és szükség szerinti módosításáról volt szó, úgy lehetséges az elkészült dallamot a visszahallgatás után módosítani, egyes ismétlődő részeket lemásolni, áthangolni, tükrözni vagy akár visszajátszani. A lehetőségek száma szinte végtelen, de a lehetőségekkel igazán csak egy művész tud élni. Hiszen az ábécé betűiből összeállítható szöveglehetőségek is végtelenek, mégsem képzelhető el művészi átélés nélkül irodalmi alkotás.



Computer ludens

Félig tréfásan, félig komolyan a ma élő embert gyakran nem homo sapiensnek (bölcshembernek), hanem homo ludensnek (játékos embernek) nevezik. Tréfásan, hiszen az ember fennmaradását és kiteljesedését mégiscsak munkája és gondolkodása tette lehetővé; komolyan, mert az igazán kiegyensúlyozott ember mindennapi munkáját is játékos felszabadultsággal végzi. Sokan úgy vélik, hogy a játék felelőtlen, komolytalan tevékenység, de alaposan tévednek. A medvebocok vagy az oroszlánkölykök játéka életbevágóan komoly szakasza a fejlődésüknek: lényegében felkészítés az életre. A gyermek játéka is örökös próbálgatása és fejlesztése saját erejének, képességeinek. A felnőtt ember játéka pedig olyan kikapcsolódás, amely aktív pihenésben regenerálja az elfáradt agysejteket, rendezi a gondolatokat. A játék (persze nem a túlzásba vitt szenvedély!) még felnőtt korban is fejleszti a képességeket. Nos, a számítógép univerzalitása erre a területre is kiterjed olyannyira, hogy ehhez hasonló játéka még sohasem volt az emberiségnek. Nemcsak a meglevő ismert játékokat (pl. sakk) lehet játszani rajta, hanem egészen újszerűen, filmszerű folyamatokban próbálhatja ki az ügyességét és reflexeit az ember. Nem hiszem, hogy e könyvben szükséges lenne ismertetni a játéklehetőségeket, hiszen ma már a legtöbb tizenéves látott ilyen játékokat, valamint nap mint nap születnek és terjednek újabb és újabb játékok. Van köztük néhány egészen kiváló szellemes, a refle-

xeket és a logikai képességeket fejlesztő játék. De sajnos itt is (mint az irodalomban) van fércmű, ponyva. A gyilkoló, szinte állati ösztönöket felélesztő, az emberi gyűlöletet terjesztő játékok hatása komoly ferduléseket okozhat az emberben, főleg a serdülőkben. Nemcsak jellemferdulésre gondolunk, hanem tényleges egészségi, testi ferdulésre is. Milyen ellentét a lehetőségek sokaságában: a számítógép képes összekötni távoli földrészekben élő embereket egymással, ugyanakkor arra is képes, hogy elszakítsa társaitól azt az embert, aki szenvedélyesen, napokon, heteken, keresztül csak a géppel „kettesben” játszik. És még nem szóltunk a szemrontó hatásról! A tv-képernyő másodpercenként 50-szer váltogatja a képet, ami olyan villódzó hatás, amit az ember szemé közvetlenül ugyan nem érzékel, de a képernyő előtt órákon keresztül ülve fejfájást, hosszabb időn keresztül pedig látásromlást okozhat. (A kimondottan számítógépes megjelenítő céljára gyártott készülékek a szokásos tv-knél lényegesen drágábbak, ezeknél ezt a villódzást megfelelő technikai eszközökkel kiküszöbölik.) Mint minden esetben, itt is igaz: nem az eszközt, hanem annak ésszerűtlen és célszerűtlen használatát kell okolni! Az okos ember mentes a szélsőségektől, képes önmagát annyira szabályozni, hogy a játék, a szórakozás sohase váljon szenvedéllyé. Tanácsunk: 40. . .50 percenként legalább 10. . .15 perc pihenőt tartani – még akkor is, ha a játék éppen a legizgalmasabb!



Géppel összekötött játékok

Még felnőttek is csodálatos látvány egy óriási terepasztal, amelyen tucatnyi játékvonat halad különböző irányban és sebességgel, időnként meg-megállnak, vagonokat kapcsolnak le, vesznek föl; mintha magasból szemlélnénk egy kicsi ország vasúthálózatát. Akkora a forgalom, hogy egyedül már senki sem tudná irányítani: ezt a számítógép segíti.

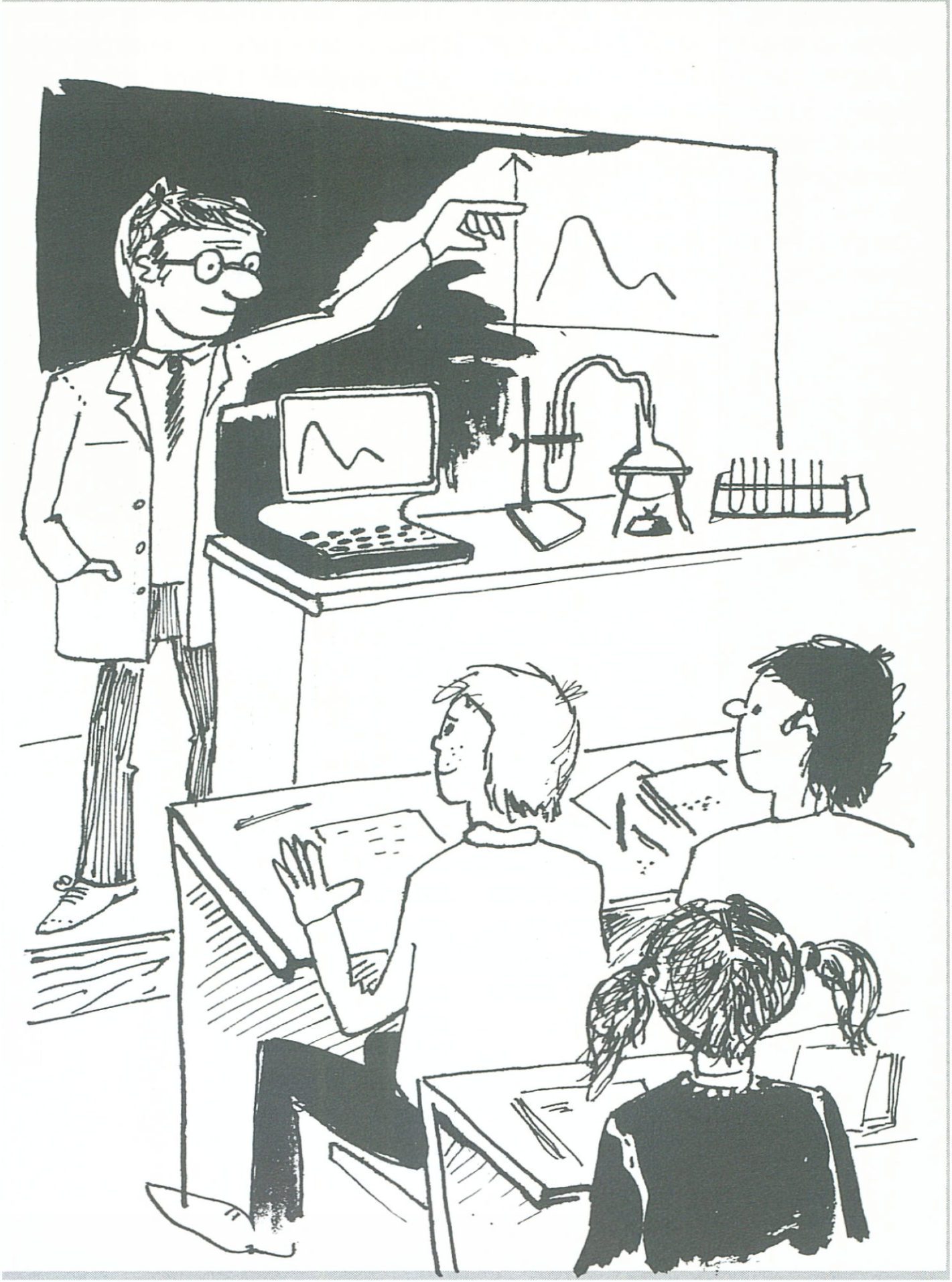
Egy másik, kissé egyszerűbb kép: matchboxokkal versenyeznek a gyerekek. Menet közben a számítógép képernyőjén megjelenik az egyes autók sebessége, a futam végén a helyezési sorrend, majd az eddigi eredmények összesített értékelése.

Diaképet vetítünk. A vetítőgépet a kezünkben levő mikrofonba mondott utasításoknak megfelelően a számítógép vezérli: előre-hátra egy vagy éppen több képpel léptetjük a motort. Közben a gép ki- vagy bekapcsolja a világítást, kísérezzenét indít a magnetofonon, vagy ha úgy tetszik, egyszerre két vetítőgépet is kezel: egymásba úsztatva a képeket megvalósítja a házi dioráma műsort.

Kis discoműsor a lakásban. A zene hangjaira fényorgonaként világítanak a színes lámpák: a hangszínnek és hangereőnek megfelelően változtatják a színt és a fényerőt.

Még folytathatnánk, hiszen itt is ki-meríthetetlenek a lehetőségek, és mindez egyáltalán nem utópisztikus álmódosítás. Viszonylag olcsó és egyszerű elektronikus eszközökkel kötöttük össze a mikroszámítógépet, amely ezen eszközök (ún. illesztőegységek, interfészek) segítségével kapcsolatba került a világgal. Jeleket fogadhat, adhat, érzékelhet, és beavatkozhat a környezetünkben végbemenő folyamatokba. Ez aztán játék a javából; mégpedig olyan játék, amely valóban az életre, a jövő életére készít fel. Szobánkba hozza a XXI. század háztartási és termelési technikáját, játékos formában tanít meg arra, hogy ne csak megértsük a számítógép által nyújtott lehetőségeket, hanem élni is tudjunk azokkal. A gyerekek a játékok kapcsán már nagyon korán megismerkednek a géppel: előbb-utóbb nem elégíti ki őket az adott program által nyújtott lehetőség, újabb változatokon törik a fejüket.

Az újabb játék megvalósítása érdekében megpróbálkoznak a programok módosításával, esetleg újabbak készítésével is. Így megtanulják akár a programozást is. Itt már elmosódik a — sokak által oly fontosnak tartott — különbség játék és tanulás között.



Számítógép az iskolában

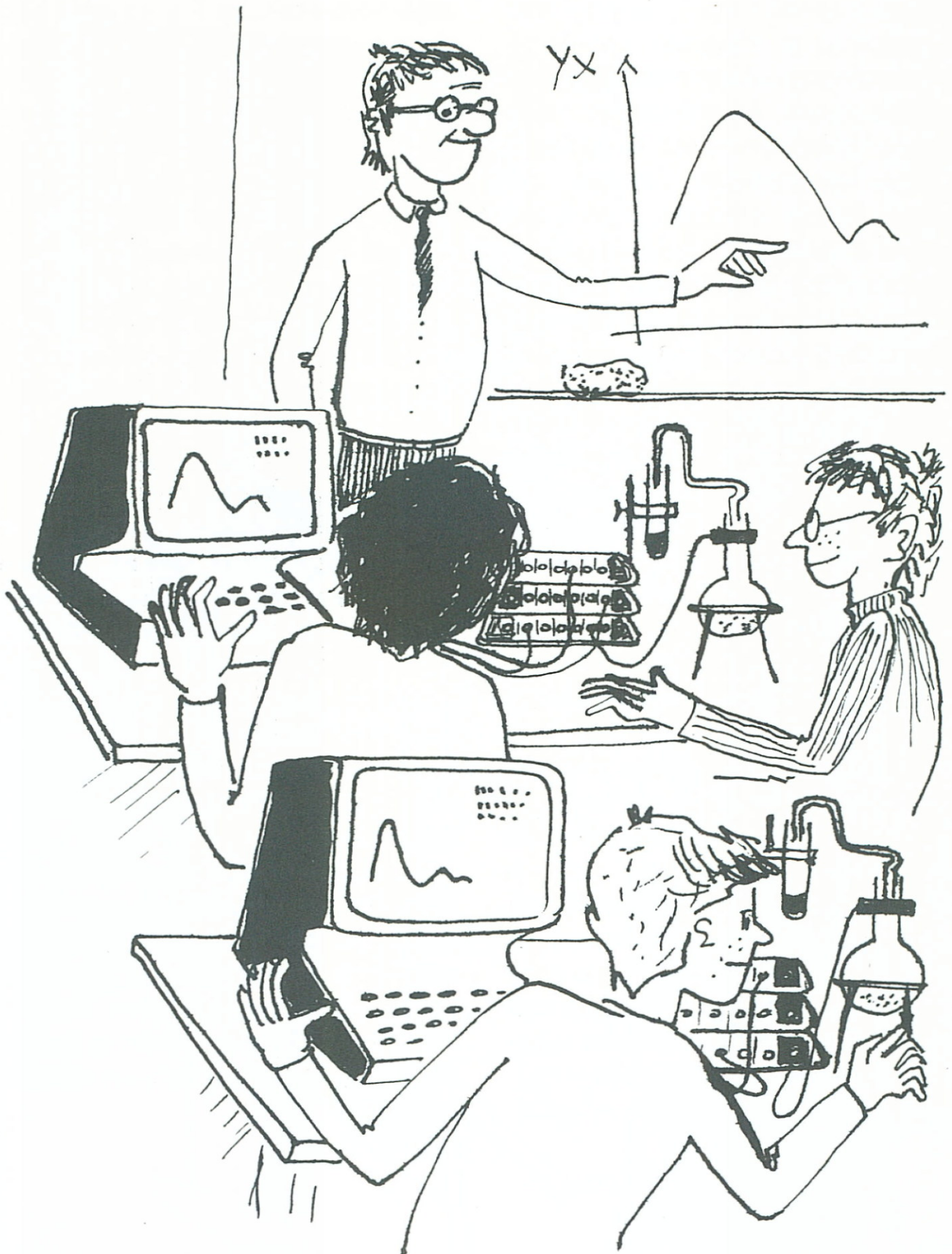
Néhány éve hazánkban – és erre joggal büszkék lehetünk – olyan iskolai számítógépes program kezdődött, amelyhez hasonló a világnak kevés országában található. Ma már minden középiskolában van, és rövidesen minden általános iskolában lesz mikroszámítógép. Úgy gondolom annak, aki könyvünkben idáig eljutott, nem kell megindokolni e program szükségességét. Rövidesen nem lesz olyan szakma a világon, amelyhez legalább minimális számítástechnikai ismeret, jártasság ne lenne szükséges. Az általános műveltségnek elengedhetetlenül szerves része a technikai műveltség, és azon belül a számítástechnikai műveltség is.

Netán számítástechnika tantárgyra is szükség van az iskolában? Véleményem szerint a számítástechnikai kultúra terjesztését nem érhetné nagyobb támadás, mint egy ilyen kötelező tantárgy bevezetése. (Természetesen nem a számítástechnikai szakmákra felkészítő iskolákra gondolok, ahol ilyen tárgy a szakképzés miatt feltétlenül szükséges.) Az általános képzésben nem a számítógép felépítését, nem a 2-es számrendszert, a gép alkatrészeit, netán a bináris programozás bonyolult módszerét kell megtanítani. Nem a számítógépet, hanem a számítógéppel kell tanítani. Ki kell használni azokat a lehetőségeket, amelyeket az általános műveltség megalapozásában, a képessé-

gek és jártasságok kifejlesztésében tud nyújtani a számítógépnek nevezett csodálatos eszköz. És ez elsősorban nem a számításokra való felhasználását jelenti. Természetesen matematikai feladatokat is meg lehet oldani a géppel, de ez csak parányi része a felhasználási területek sokaságának.

Gondoljuk egy pillanatra át mindazt, amiről az eddigiekben szó volt: rajzolás és zene, robotok és játékvasutak vezérlése, tervezés és irányítás ... ! Mind megannyi ragyogó lehetőség, amellyel az oktatásnak élnie kell. Mennyire más egy iskolai demonstrációs tábla, ha az azon megjelenő képek nem mozdulatlanok, hanem formájukat, összefüggéseiket a diák választától függően változtatják! Egy ilyen táblán megjeleníthető az emberi vérrendszer, a villamosenergia-hálózat, a kémiai reakciók vagy fizikai folyamatok törvényei, a matematikai tételek felismerésének és bizonyításának módjai. Világosabbá válhat a heurisztikus okoskodás jelentősége, a földrajzi vagy történelmi összefüggések szerepe.

Mennyivel izgalmasabbá válik a történelem tanulása, ha nemcsak egy ország (vagy terület) eseményeit tudjuk áttekinteni, hanem azt is megtudhatjuk, hogy ebben az időben más földrészen, más országokban a tudományban és a technikában milyen változások voltak.



Változik az iskola

A számítógép a korábbi passzív demonstráció, a bemutatás helyett a diákok aktív közreműködését igényli – még az elméleti anyag tanulmányozásakor is. Bizonyos, hogy egyes adatok, algoritmizálható levezetések, logikai következtetések gyakoroltatása a számítógépre bízható, ettől az unalomig ismétlődő munkától a tanárt mentesíteni lehet. Így a tanár valóban a pedagógusi tevékenységgel lesz elfoglalva, azaz, amit a gép sohasem helyettesíthet: a nevelő, motiváló, érdeklődést felkeltő és tehetséget kibontakoztató munkával. Még nagyobb azonban a számítógép jelentősége a kísérleti, gyakorlati tevékenységeket igénylő iskolai munkában. Az egész gyakorló tevékenység, a kísérletezés megváltozik, ha könnyen kezelhető illesztő egységekkel (interfészekkel) kötjük össze kísérleti eszközeinket és a számítógépet. A mérési eredményeket a gép közvetlenül kijelzi. A diák által készített programnak megfelelően a gép beavatkozhat a kísérlet menetébe – a beavatkozó szerveken keresztül. Még azok számára is izgalmasá válhat pl. egy titrálási feladat, akik valamilyen oknál fogva nem szeretik a kémiát. Mennyivel tanulságosabb a mosógép működését egy számítógéppel összekötött üvegedényben szemlélni, mint csak könyvből tanulni. Diák és tanár együtt dolgozva szinte egyenrangú társként fedezheti fel az újabb és újabb lehetőségeket, olyan természetes eszközként használva a számítógépet, mint egy karórát vagy egy töltőtollat.

Természetesnek kell vennünk, hogy a számítógép iskolai használata vissza fog hatni egész iskolai rendszerünkre is, de csak olyan értelemben, mint a művészetre. A jövő iskolarendszerében az ember központi szerepe, a pedagógus embersége nemhogy csökkenni, hanem növekedni fog. Ha a gépnek csak annyi szerepe lenne, hogy átveszi az iskolai adminisztráció időrabló munkáját, már az is óriási nyereség – erről elég akármelyik pedagógust megkérdezni.

Egy amerikai szerző írja, hogy a legérdekesebb törekvés, amit a számítógépes műveltség elterjesztésének területén látott az az, hogy a gyerekeket megtanították a számítógépeket (széles körű gyakorlat és alkotó tevékenység során) használni.

„Speciálisan tervezett tananyagokat használva több száz gyereket beavattak a számítógépek alapfunkcióinak tudományába, és megtanították őket meglepően bonyolult programok készítésére is. Lehetőséget adtak nekik arra, hogy olyan különböző műveletekben használják a számítógépeket, mint pl. helyesírásuk tökéletesítése, üdvözlőkártyák tervezése, a világítás szabályozása otthonaikban. Azoknak a felnőtteknek, akik nem biztosak abban, hogy képesek megtanulni a számítógépek használatát, csak meg kell nézniük e gyerekek érdeklődését és lelkesedését, akik megtanulták, hogy a kívánságuknak megfelelővé tegyék a számítógépet.”



Kapcsolatunk a géppel

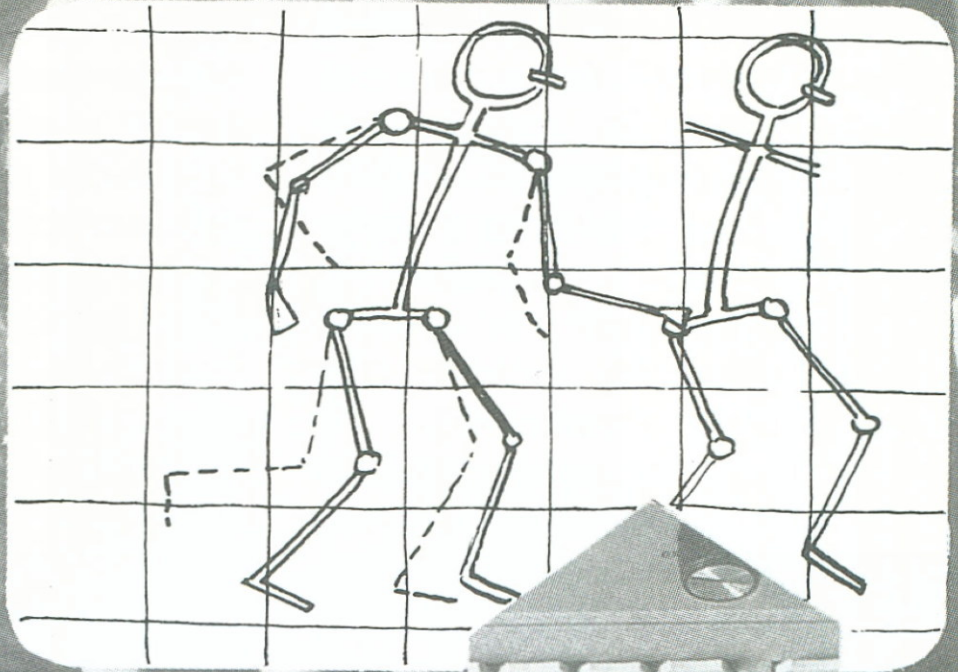
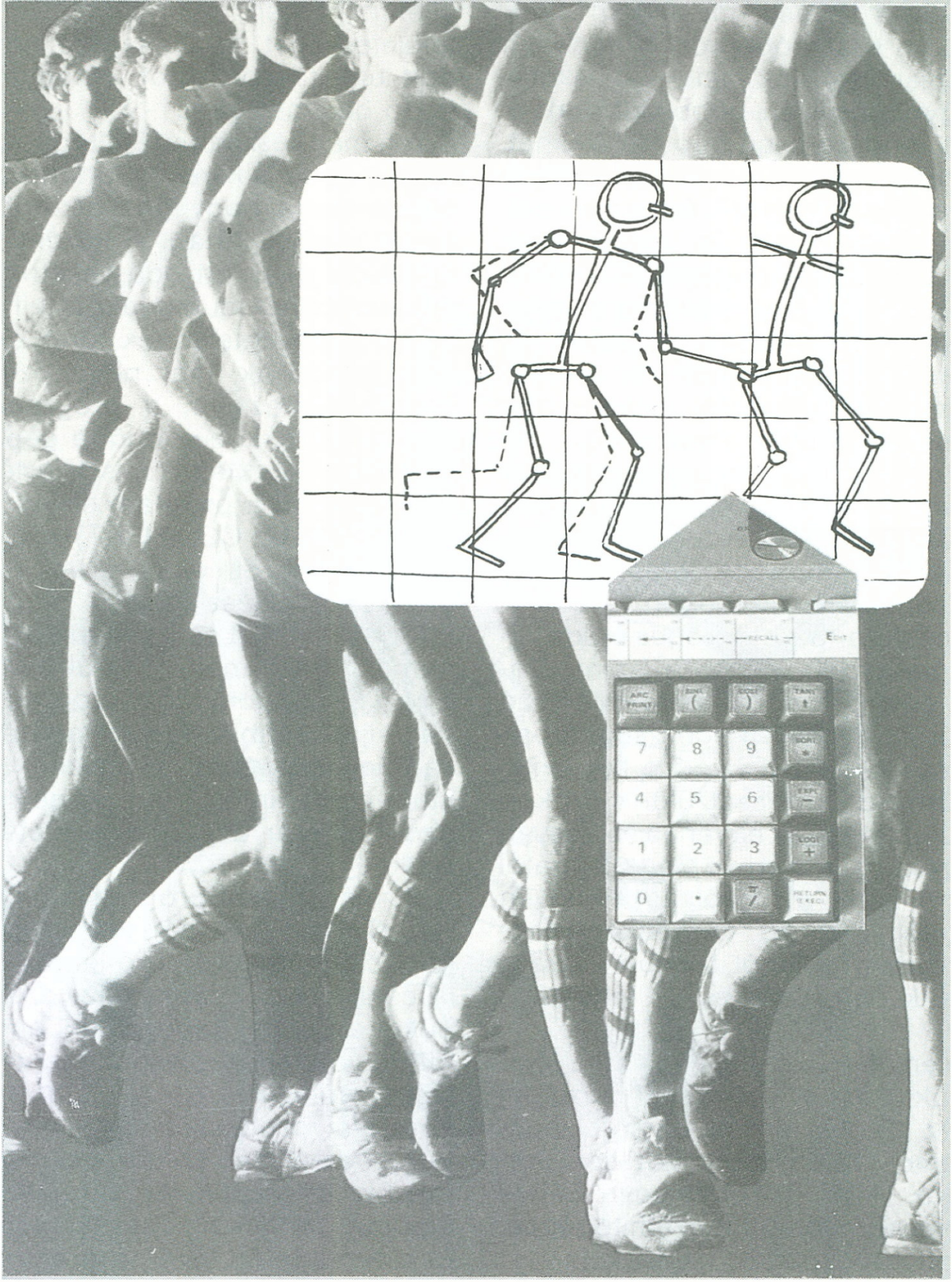
Ugye kedves Olvasó, most már „mindent” tud a számítógépről? Különösen ha középiskolás diák, aki – az iskolában vagy valamilyen hobbiklubban – naponta rendszeresen gép mellé ülhet. Jogosan örülhetünk a mikroszámítógépek hazai elterjedésének, ezért nem célszerű megingatni azt az önbizalmat, amellyel fiataljaink a gépeket kezelik. Létezik azonban egy statisztikai adat, amely szerint a legtöbb balesetet az 5. . . 7 éves jogosítvánnyal rendelkező gépkocsivezetők okozzák, akikben már nincs meg a kezdő óvatossága, de akiből még hiányzik az évtizedes praxissal rendelkező vezetők tapasztaltsága. A számítógépet „vezetve” sem árt, ha a kezdeti ismerkedés után nem feledkezünk meg a számítógép és az ember kapcsolatának lehetséges buktatóiról. A legnagyobb veszély a „computómánia” egyre terjedő tünete. Már szó volt arról, hogy milyen egészségkárosító hatása lehet, ha a villódzó képernyő előtt, görnyedt tartással ülünk órákon keresztül. Tartásunk egyenes és kényelmes legyen, a képernyő (nagyságától függően) 1. . . 3 m távolságra legyen szemünktől. 40. . . 50 percenként legalább 10 perc pihenőt tartsunk, elszakadva a képernyőtől, és – lehetőség szerint – a széktől is.

Remélem, hogy az Olvasók többsége nem csak játékra kívánja felhasználni gépét. Az alkotás öröme olyan sikerélmény, amely talán semmihez sem hasonlítható. Ilyen sikerélményt képes rendszeresen nyújtani a számítógéppel kialakított kapcsolat is. Igaz, „kemény”

ellenfél a gép: nem tűr el semmilyen felületességet, logikailag át nem gondolt utasítássorozatot, elnagyolt, kapkodó beavatkozást.

Aki már készített számítógépes programot, és azt sikeresen futtatta a gépen elmondhatja, hogy igazi alkotói örömet érzett a siker láttán. A kezdeti sikerek sokaknál gyakran oda vezetnek, hogy programozási munkájukból kihagynak néhány lényegtelennek tűnő szakaszt. Úgy gondolják, már nincs szükségük programtervezésre, a program folyamatábrájára, közvetlenül a gépbe írják utasításait. Még azt is feleslegesnek tartják, hogy a program elején néhány sorban (REM, COMMENT) rögzítsék a programozó és a program nevét, a program elkészítésének időpontját. A folyamatábrát sem szeretik sokan, de hamar rá kell majd jönniük arra, hogy egy-egy bonyolultabb program hibáinak kijavításához vagy feladatának továbbfejlesztéséhez képtelenek hozzálátni az áttekintő ábrázolás nélkül. Jobb azonnal, már a kezdet kezdetén megszokni!

És még valami: programjaink nyilvántartására egy idő után kevés lesz fejünk kapacitása. Kézenfekvő lenne, és mégis, csak kevesen használják számítógépüket a géppel kapcsolatos adatok információs rendszereként. Mennyi felesleges keresgélés, esetleg új programok írása alól mentene fel egy olyan nyilvántartás, amelyben címük, céljuk, legfontosabb jellemzőik és tárolási helyük alapján bármikor visszakereshetők a tulajdonunkban levő programok.



Sport

Ép testben ép lélek – a számítógéppel való bármilyen tevékenység helyhez kötöttsége különösen aktuálissá teszi a híres latin mondást. Csak rendszeres testedzéssel kerülhető el, hogy izmaink elsatnyuljanak a számítógépek mellett, csökkenjen ellenálló-képességünk a betegségekkel szemben. Irány a sportpálya, és . . . itt is utunkba kerül a számítógép. Az edző – az élsportolók adatait, edzési eredményeit, egészségi állapotát számítógéppel nyilvántartva – naprakészen figyelheti tanítványa fejlődését, alakíthatja és módosíthatja az edzési tervet. A képmagnetofon a sportoló minden mozdulatát rögzíti; a felvétel lassított lejátszásakor saját maga megfigyelheti, hogy mennyiben kell még tökéletesítenie mozgását. A számítógép a videofelvételek értékelésében is segít: rajzban megjelenítheti az ideális és a tényleges mozdulatokat, így az eltérések világosan láthatók. A jó programmal ellátott számítógép a sakkozónak és a bridzselőknek is kitűnő partnere lehet. Készültek már atlétikában, magasugrásban, rúdugrásban használható „edzőprogramok” is. Nemigen létezik olyan sportág, amelyben a számítógép ne segíthetné a sportoló felkészülését.

És a közvetítések! Talán már észre sem vesszük, hogy nincs is olyan sportközvetítés a televízióban, amelynél ne

jelenne meg a számítógép. A műkorcsolyázás vagy a síugrás pontszámait szinte azonnal összesíti a gép, és közli a helyezési sorrendet is. A műlesiklás egyes szakaszai után megjelenik a képen, hogy az adott szakaszban hányadik lett a versenyző. Az öttusa terepfutásánál vagy a sífutásnál ezek az információk nemcsak a nézők, de a sportolók számára is érdekesek. Az autómotor sportban is (különösen a Formula-1 versenyeken) láthatjuk a számítógép segítségét. A futballmeccseken azonnal visszajátsszák a gólokat, a kihagyott és elrontott helyzeteket – igaz, ezeket csak a nézők láthatják, a sportolók a mérkőzés után okulhatnak belőle. A riporternek a gép mindentudó lexikonként áll rendelkezésére; az egyes sportolókról jóformán minden adatot megtudhat a gépi adatbank segítségével: életkort, családi állapotot, foglalkozást, eddigi eredményeit, testméreteit stb. Az adott sportág világ- és Európa-rekordjait, bajnokait hosszú évekre visszamenőleg nyilvántartja és közli a számítógép. A müncheni olimpián ez a rendszer még újdonságnak számított, ma azonban már mindennapos – és nem csak a világversenyeken. Egy helyi sportegyesület vagy akár egy iskola is megteheti, hogy hasonló információs rendszert alakítson ki a saját maga számára.



Számítógép a kórházban

Ki ne tudná, hogy hányféle olyan adminisztrációs feladata van az orvosnak és az ápolónőnek, amelyek nagy része szakképzettséget egyáltalán nem igényel. Ezt a nyilvántartást – a beteg felvételének pillanatától kezdve – át lehet adni a gépnek. Egy-egy betegről nemcsak a személyi adatokat, hanem a vizsgálati eredményeket, görbéket, sőt a röntgenfelvételeket is tárolni lehet. Bekerül a gépbe a kezelés módja, az adott gyógyszer, az esetleges műtét, és mindezek alapján a számítógép írja meg a távozó beteg zárójelentését is. A tünetek és a vizsgálati adatok figyelembevételével az orvos párbeszédet folytathat a számítógéppel, ami jelentősen segíti a diagnózis felállításában. A szekszárdi kórházban már működik egy ilyen rendszer, a STEFI (*ST*andardizált *Eg*észségügyi *F*ogalmakon alapuló *I*nformációs rendszer). Ez a rendszer havonta ki nyomtatja és megcímzi a nyilvántartása szerint felülvizsgálatra szorulókat behívóját.

És ez még csak az adminisztráció! Az már a gyógyításban is jelentős segítség, hogy az összes lehetséges betegség közül az orvos (egyéni döntésével) választja ki a legvalószínűbbet és annak gyógyítási módját. De talán még jelentősebb az a szerep, amelyet az intenzív osztályokon lát el a számítógép. A súlyos állapotban levő beteg testére helyezett érzékelők jeleit egyidejűleg (valójában persze egymás után, de rendkívül rövid idő alatt) olvassa le a számítógép, összehasonlítja az előírt értékekkel, és ha azonnali beavatkozást tart szüksé-

gesnek, riasztja az illetékes orvost, ill. nővért.

A számítástechnika csodálatos lehetőségekkel bővítette az orvos eszköztárát. A „computeres tomográfiát” a szakemberek az orvosi technika legnagyobb találmányának tartják, amelynek segítségével valósággal térbeli képet kaphatnak a vizsgált ember belső részeiről.

Számítógépek segítségével küzdünk ma már a járványok ellen is. A programok az adatok értékelésével, a megbetegedések várható alakulásának előrejelzésével segítik a védekezéssel, a gyógyszerellátással, az egészségügyi dolgozók felkészítésével kapcsolatos döntések meghozatalát.

Néhány további egészségügyi felhasználási terület: cukorbetegség inzulinellátására tervezett mikroprocesszoros adagolókészülék, amely időben érzékeli a cukorszint változását, és megfelelő módon adagolja is a gyógyszert. Több ezer ember életét mentette már meg a szívritmus-szabályozó. A szinte gombostűfej nagyságú mikroszámítógépes szabályozórendszer érzékeli a szervezet terhelését, a szív ritmusának legkisebb változásait is, és ennek megfelelően vezérli annak működését. Egyidejűleg adatokat is szolgáltat az orvosnak, tehát nemcsak egy pillanatnyi állapotban, hanem folyamatosan lehet ellenőrizni a beteg szív működését. Az is lehetséges, hogy telefonon keresztül továbbítsa a kezelőorvoshoz a szív működés adatait, és közölje, ha szükség van a terápia esetleges változtatására.



A számítógépes bűnözés

A számítástechnika néhány évtizedes múltja máris kapcsolatba került a bűnözéssel. Nincsen ebben semmi meglepő, hiszen bármilyen új területe van az emberi, társadalmi tevékenységnek, ott előbb-utóbb megjelennek a bűnözők is. De hogyan lehet bűnt elkövetni a számítógéppel? Természetesen itt is van közösleges lopás: számítógépek, egyéb eszközök és programok jogtalan el tulajdonítása. Ez azonban még nem új típusú bűnözés. A könnyű vagyonszerzésnek vannak a számítástechnikával összefüggő csábítóbb lehetőségei is. Ahogy a pénztárosok között is vannak sikkasztók, ugyanúgy akadnak „sikkasztók” a számítógép-kezelők között is. Több olyan bűntényt fedtek már fel, hogy a bankhálózatoknál dolgozó programozók a számlák kerekítésekor fennmaradt centeket a saját számlájukra utalták át, és ezzel rövid idő alatt százezreket gyűjtöttek össze. Mások egy-egy bankszámla titkos kódját megismerve, abból jogtalanul nagyobb összegeket vettek fel maguknak. Egy adathiba miatt a General Motors egyik alkalmazottja havi fizetését naponta kapta kézhez. Az ellenőrök csak évek múltán vették észre a hibát, és pert indítottak a dolgozó ellen. A bíróság a keresetet elutasította azzal, hogy a vállalat vezetésének szerves része a számítógép, így az ott elkövetett hibákért a vállalatnak kell felelősséget vállalnia, de ugyanakkor elítélte az érintett személyt is . . . adócsalás miatt! (Éveken keresztül nem közölte az adóhivatallal, hogy jövedelme a bejelentettnek 30-szorosa.)

Az előzőeknél súlyosabb anyagi kihatásai vannak a számítógépes kémke-

désnek. Elsősorban a személyek és az iparvállalatok adatainak kifürkészéséről van szó. Donn Parker, az USA egyik neves informatikai szakembere – a kaliforniai Stanford Kutatóintézet munkatársa – egy alkalommal 265 olyan esetet említett, amikor a programozók „kifosztották” a számítógép adattárolóját. Aki ismeri, hogyan lehet egy vállalat legtitkosabb adatbankjához hozzáférni, az az üzleti életben hihetetlenül fontos és értékes információkhoz tud hozzájutni. Nem egy ilyen jellegű ipari kémkedési perről tudunk, amelyek egyes esetekben nemzetközi (pl. japán – amerikai) területre is kiterjedtek. Még zsarolásra is felhasználható a számítógép, ha illetéktelenek hozzá tudnak jutni egyes személyek bizalmas adataihoz. Sajátos fajtája a zsarolásnak az az eset, amikor egy programozó „komputerbacilust” rejtett el egy számítóközpont programjaiban. Azzal fenyegette meg a központot, hogy amennyiben nem kap több százezer dollárt, a „bacilus” – mint egy rejtett és időzített bomba – felrobban, és elpusztítja az egész központot. Félreértés ne essék, nem valódi bombáról van szó, hanem információs bombáról: egy olyan utasítássorozatról, amelylyel a merénylő az összes elérhető programot és adatot megsemmisítheti.

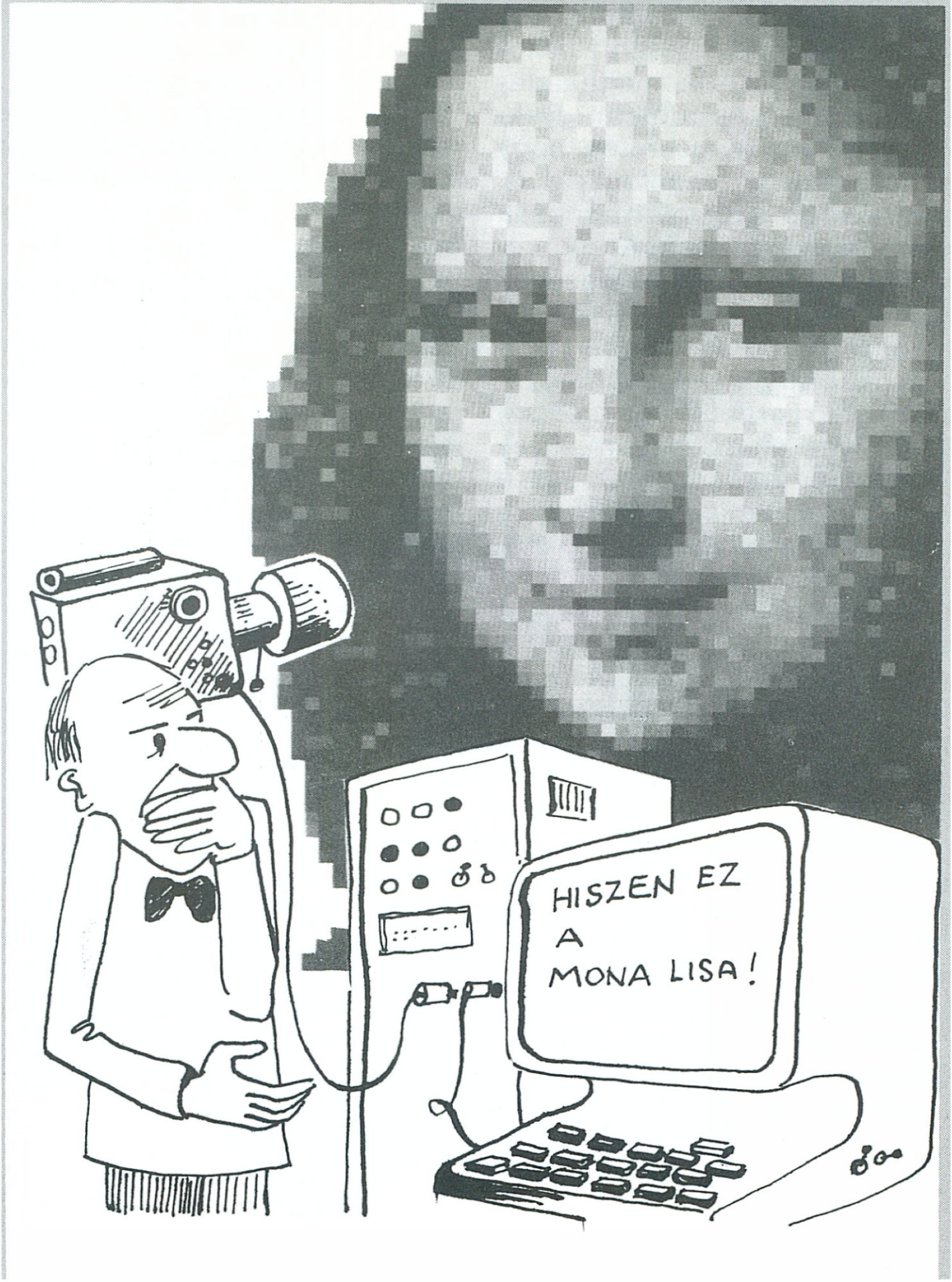
Ma már nem egy bankrablás vagy terrorakció tervét is számítógép segítségével készítik. És még folytathatnánk tovább . . . De vajon a számítógépet kell-e okolnunk az új bűnözési formák kialakulásáért? Itt is, mint oly sok más esetben, a problémát és annak megoldási kulcsát magában a társadalomban kell keresni.



A számítógépes bűnüldözés

A bűnözéssel összefügg a bűnüldözés is. A társadalom természetesen elősködőivel szemben védekezik, megakadályozni vagy felderíteni és büntetni igyekszik a bűntényeket. Természetes, hogy ehhez felhasználja a számítógépet is. A legkézenfekvőbb az ismert bűnözők és bűnesetek nyilvántartása. Az algoritmus hasonló a betegek és betegségek kórházi nyilvántartásához. A cél itt is az, hogy a szükséges pontossággal tároljuk az adatokat, és hasonlósági összefüggések alapján keressük ki a halmazból a lehetséges diagnózisokat. Ezek közül persze már az embernek kell a megfelelőt kiválasztania. Csakhogy a kórházban a beteg tünetei és a betegségek közötti hasonlóságot, a rendőri nyilvántartásban pedig a bűnesetek és az egyes bűnözők módszerei közötti hasonlóságot kell felismerni. A mai közlekedési lehetőségek mellett a bűnözés nemzetközivé vált, így nemzetközivé kellett válnia a bűnüldözésnek is. Létrejött az INTERPOL, amely lényegében nem a közvetlen bűnüldöző, hanem csak az ezt segítő tevékenységet folytatja. Számítóközpontjában a tagállamok által átadott adatok millióit őrzik, és bárhol követnek is el egy büntettet, a nyomok alapján igen gyorsan kikeresik a lehetséges elkövetők adatait. A bűnözők által alkalmazott módszerek mellett nyilvántartják azok szokásait,

összeköttetéseiket, a hajszínt, méreteket, vércsoportot, sőt még az ujjlenyomatokat is. A szemtanúk emlékezései alapján összeállított „fantomképek” elkészítésében és értékelésében is segít a számítógép. A helyszínen talált nyomokból a géppel folytatott párbeszéd alapján egyre jobban szűkül azoknak a köre, akik a sok százezer nyilvántartott személyből az adott bűntény elkövetésével leginkább gyanúsíthatók. Az eltűnt vagy a talált tárgyak azonosítása, a bűnözésnél használt módszerek elemzése – mind-mind olyan feladat, melynél a Sherlock Holmes számítógépet is használ. A vér biokémiai tulajdonságai alapján (ha találtak véryomót) már jelentősen szűkíthető a gyanúsítottak köre. Az ujjlenyomat azonban döntő, hiszen – bizonyítottan – minden embernél különbözőek az ujjvégeken található bőrfodorrajzok. A bűncselekmény helyszínén talált, és a bűnügyi nyilvántartásban szereplő ujjlenyomatok összehasonlítását már 1901 óta használják nyomozási eszközként. De hogyan lehet több százezer ujjlenyomattól kiválasztani azt az egyet, amely azonos a helyszínen találttal? Igen sok ember fáradságos munkájára volt ehhez szükség. Monoton munka a javából! Hogyan segít ezen a számítógép? A válasz egyszerű: alakfelismerő képességét kell kifejleszteni.



HISZEN EZ
A
MONA LISA!

Alakfelismerés

Hogyan tud a számítógép felismerni egy alakzatot? A külvilág bármely részét csak érzékelőkkel és jelátalakítókkal ellátva „látja”, miután az ezekből érkező digitális jeleket a tárolójába előre betáplált jelekkel összehasonlította.

Néhány ilyen feladat: ujjlenyomatok vizsgálata és azonosítása; az elektrokardiográf által rajzolt jelek értelmezése; arcok azonosítása; légi felvételek értékelése; munkadarabok formai ellenőrzése, osztályozása; mozgó eszköz útjába eső tárgyak felismerése és – talán mindennek előtt – írás közvetlen azonosítása, írott szöveg értelmezése.

Ha egy fényképet előveszünk és nagyító alatt szemléljük, meggyőződhetünk róla, hogy a folytonosnak tűnő kép fekete és fehér pontok sorozatából áll. Nem kell mást tenni, mint ilyen finom soronként végigtapogatni a képet és a fekete pontról 1-est, a fehérről 0-t küldeni a számítógéphez. Lényegében tehát a kamerához hasonló érzékelőt kell a géppel összekötni, ez lesz a számítógép szeme. Ezután már egyszerű a két kép összehasonlítása a számítógép tárában. Amennyiben minden pontban megegyeznek a (bináris) jelek, a két kép azonos. Az ember felismeri két kép azonoságát még akkor is, ha az érzékelés és az átvitel során fellépő zavaró hatások miatt az egyik képnek nem minden egyes pontja egyezik meg a másik kép megfelelő pontjaival. Gondoljunk csak a kézírásra: ugyanazt a betűt hányféleképpen írják az emberek, mégis felismerjük azokat. A számítógépet meg kell tanítani arra, hogy ismerje fel a külön-

böző típusok hasonlóságát, és ugyanakkor a különféle jelek eltéréseit is. Bonyolult, és még sok-sok kutatómunkát igénylő feladatot jelent ez az alakfelismeréssel, a mesterséges intelligenciával foglalkozó tudósok számára. Az ujjlenyomatok, a gépelt szövegek és számok, szabályos geometriai alakzatok azonosítására már képesek az (ilyen eszközökkel felszerelt) elektronikus számítógépek. Egyik alkalmazási terület a fénykép torzításainak korrekciója. A Budapesti Műszaki Egyetemen működik például egy olyan számítógépes rendszer, amely egy adott berendezésről készült fénykép alapján – bármely megadott síkra – „mérethelyes” képet állít elő, kiszűrve minden, a fényképezőgép látószögéből eredő mérettorzulást.

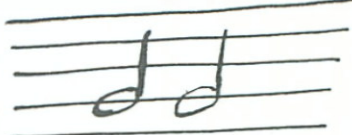
A harmadik generációs robotok képesek felismerni és megkülönböztetni az útjukba eső tárgyakat, és ennek alapján folytatni tovább mozgásukat. Ily módon osztályozni, válogatni tudnak, vagy olyan program alapján festenek munkadarabokat, amely az eléjük került tárgy alakjától függően ad utasítást a színkeverésre.

A gyógyászatban az alakfelismerés abban segíthet, hogy a szövetmintákon vagy fényképeken csak nyomokban levő kóros elemeket felismerjen. A már említett számítógépes tomográfia kombinálva szinte automatikusan meghatározható a betegséggóc helye és kiterjedése. Elvileg olyan ajtózárat is készíthetünk, amelyek csak a betáplált fényképek szerinti személyeknek nyitnak ajtót.

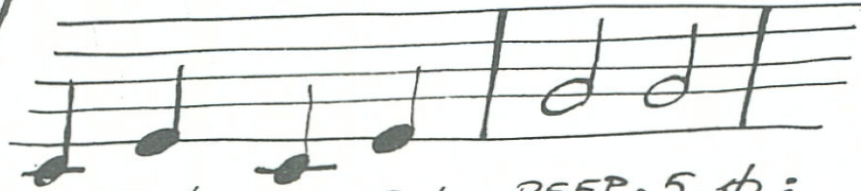


tarka

Spectrum basic



BEEP.5,φ :
 BEEP 1,6 :



BEEP.5,φ : BEEP.5,4 : BEEP.5,φ :
 BEEP.5,4 : BEEP 1,6 : BEEP 1,6 :



BEEP.5,12 : BEEP.5,11 : BEEP.5,9 :
 BEEP.5,7 : BEEP 1,5 : BEEP 1,9 :



BEEP.5,7 : BEEP.5,5 : BEEP.5,4 :

A beszéd világa

A beszélő és a hangot értő robot szinte már alig különböztethető meg az embertől – vagy talán mégis?

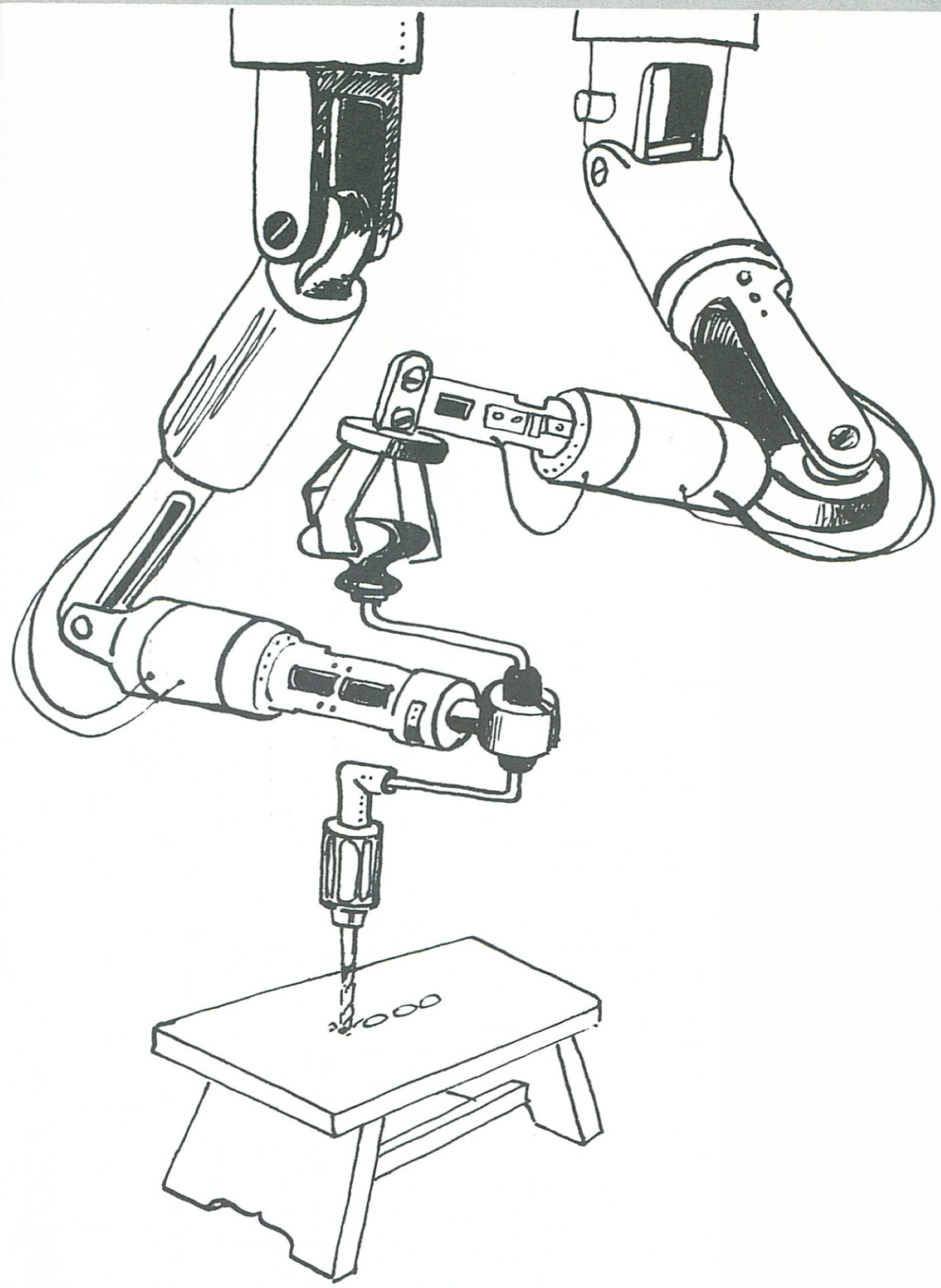
Alig van olyan mikroszámítógép, amellyel ne lehetne hangokat generálni; egyesek nemcsak zenélni, de beszélni is tudnak. A begépelte szöveget – igaz kissé furcsa hanglejtéssel, de – „kimondják”. Nehogy azt higgye valaki, hogy valamilyen kis magnetofon van a belsejében, és az azokra felvett *a*, *b*, *c* . . . hangokból állítja össze mondanivalóját! Ennél sokkal egyszerűbb és ügyesebb a megoldás. Kezdeté visszanyúlik 1638-ig, amikor Galilei először írta le, hogy „a hangmagasság a dobhártyát érő levegőlökések időegységre eső száma”. Ebből kiindulva ismét egy olyan feladat állt a számítógép-fejlesztők előtt, amelyben folytonos, analóg jeleket kell kapcsolatba hozni a számítógép bináris jeleivel. Ehhez „csak” arra van szükség, hogy minden egyes hang frekvenciájának 1-esek és 0-k sorozatát feleltessük meg. Ezeket tárolja a gép, és amikor megadjuk a betűt, az annak megfelelő jelkészletet a gép előhívja, és a digitális – analóg átalakítón keresztül üzenetét a hangszóróhoz továbbítja. Ilyen egyszerű mindez. Bizonyára sokan ismerik a Texas Instruments (alig füzet nagyságú) kis Speak and Spell gépét, amelyben ily módon tárolnak több száz angol szót. Ezzel gyakorolható a helyesírás, és még keresztretjévtényszerű játékokat is lehet játszani vele. A beszéd-szintetizátorok persze ennél komolyabb feladatokat is ellátnak. Már a budapesti telefonközpontban is szintetizátorral előállított hang tájékoztat a megváltozott telefonszámokról. Nem egy üzem-

ben a diszpécsterszolgálatot hangos szöveg tájékoztatja egyes műszerek, folyamatszakaszok állapotáról. Olyan gépkocsik is léteznek, amelyekben a számítógép szóban figyelmezteti a vezetőt, ha valamelyik ajtó nyitva maradt, vagy a biztonsági öv nincs bekapcsolva. A hangkimenet tehát – ha nem is tökéletesen – lényegében megoldott.

Keményebb dió a hang felismerése, pedig látszólag ugyanolyan egyszerű, mint a hang előállítása. Kicsit hasonlít ahhoz, amit az alakfelismeréssel kapcsolatban említettünk. Az ember ugyanazon személy hangját akkor is azonosítani tudja, ha az egyik esetben az illető például náthás volt. De a számítógép számára ez a két hang már gyökeresen különbözik. Valóban előfordult már, hogy egy számítóközpontban (ahol a belépést csak azok számára engedélyezték, akiknek hangja előzetesen tárolva volt) nem nyílt ki az ajtó a főnök előtt, mert kissé fátyolos hangon közölte a „szezámm nyílj ki” varázsszót. Nemcsak az azonosítással van probléma, hanem a szöveg felismerésével is. A beszéd sebessége, a hangmagasság, a kisebb beszédhibák vagy akcentusok változatosságára felkészíteni a gépet (a mai módszerekkel) nem lehet.

Ez csak akkor lehetséges, ha a gép a meglévőknél nagyságrendekkel nagyobb tárolókapacitással rendelkezne; ezért a tudósok a hangfelismerésben is új módszerek kimunkálásán fáradoznak.

Remélhetjük, hogy talán már a közeljövőben megvalósul a hanggal programozható számítógép, a hanggal vezérelhető írógép.



Kép a jövőből

A Sharp cég izgalmas múzeuma a „Memorial Hall”. A Japánban járt Kemény Tamás így írja le találkozását a jövővel (az Új technika 1983. évi 4. számában):

„... Egy zárt ajtóhoz érkezünk, amely a japán vagy angol nyelven elhangzó „szeszám tárulj” felszólításra kitárul; nagy fény és szferikus zene kíséretében beléphettünk a XXI. századba (vagy ha úgy tetszik, a következő évezredbe).

Itt működő és kiválóan demonstrált formában a következő berendezéseket láthattuk:

- napelemek és azok alkalmazásai;
- alakemlékező fémek és jellegzetes alkalmazások (pl. növényházak klimatizálása);
- menetrend részleteit kiíró és útvonal-optimalizáló berendezések;
- egymással kompatibilis és összekapcsolható zsebszámológép – személyi számítógép – nagyszámítógép-lánc és ennek sokcélú kihasználása;
- tintasugaras és lézersugaras adatrögzítő berendezések;
- a televíziózás új megoldásai és alkalmazásai (képmagnók, tv-képről másolatkészítés, a képernyőn kilenc program egyidejű megjelenítése, kiválasztás stb.);
- elektrolumineszcens lapos tv;
- lézeres lemezjátszó, lemezoldalan-

ként egy óra játszási idővel, érintésmentes működéssel;

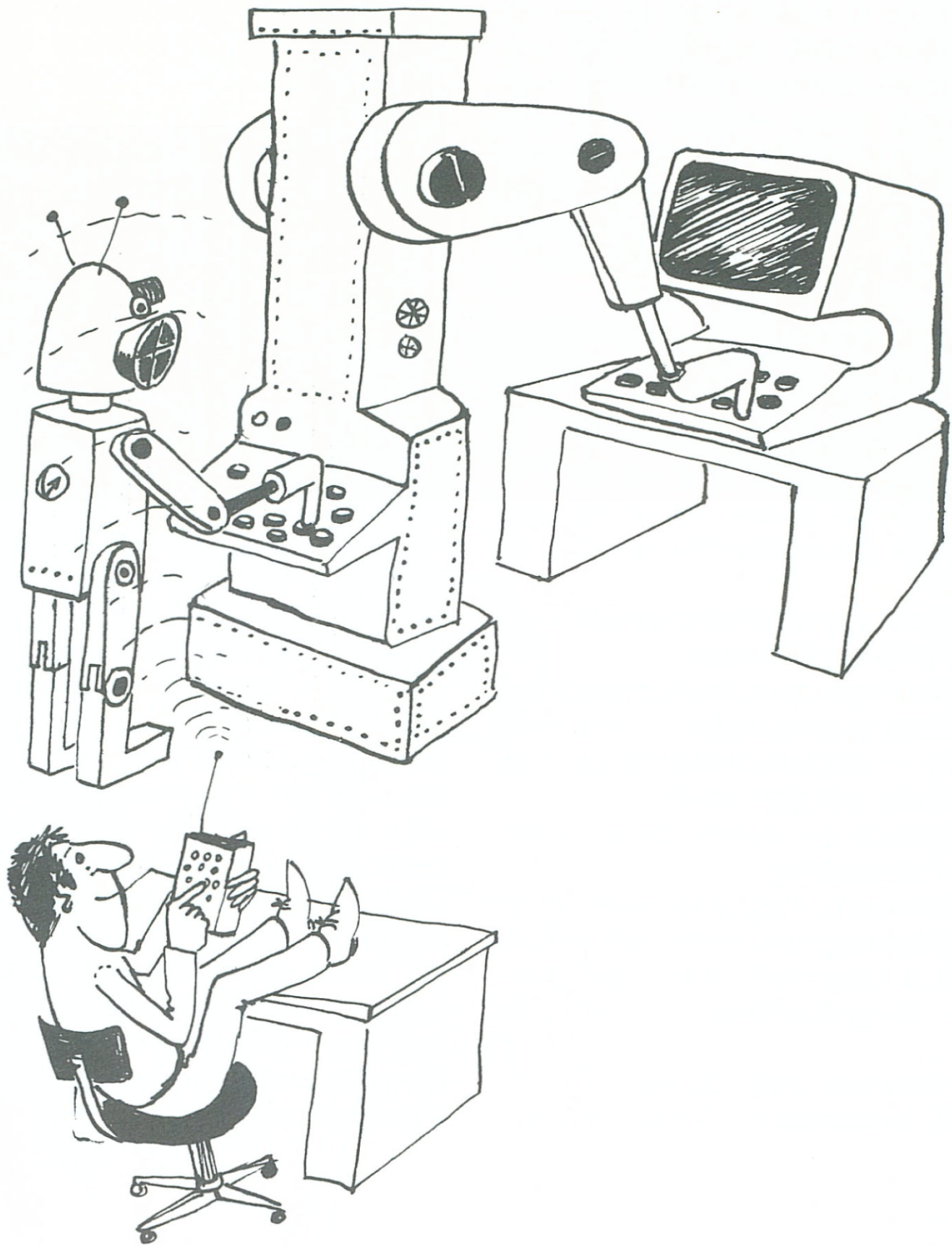
– háztartás-automatizálás; pl. olyan mélyhűtőszekrény, amely megjeleníti, hogy mi mióta van benne, mennyi az energiatartalma, és a hűtőszekrényben levő alapanyagokból hányas számú recepteket lehet elkészíteni.

– zsebfordítógép (angol – japán), amely 400 szóból 152 mondatot tud kiírni és elmondani;

– beszédfelismerő jegyárúsító automata, amely a bemondott állomás alapján kiírja a vonatkozó menetrendi részleteket és az árakat. A beadott papírpénzből és érmékből visszaad, majd megköszöni a vásárlást;

– optikai jelátvitel 60 mikronos száloptikával, amelyet az épület tetején elhelyezett távirányított színes tv-kamerával demonstráltak. A fény útját kézzel megszakítva a jelátvitel megszűnt”.

Évről-évre hasonló csodavilágot mutatnak be a különféle nemzetközi kiállítások. Álom vagy valóság? Többségük már létező és működő berendezés – csak az anyagi feltételektől függ elterjedésük. Egy részük azonban csak a tervező vagy a sci-fi író fantáziájában létezik. Azonban mindegyik közös abban, hogy a mikroelektronikára épül, „lelkét” egy-egy mikroszámítógép adja. Enélkül ma már nemcsak gyártani, de még álmódolni sem lehet.



A fejlődés iránya

Ki tudná megjósolni, hogy hová fejlődik és milyen új meglepetéseket tartogat a számítástechnika, a mikroelektronika? Nagy hírű tudósok foglalkoznak világszerte a várható fejlődés prognosztizálásával, de egyikük sem vállalkozik „a jövő század regényének” megírására. (A prognózisok közül több magyar nyelven is megjelent: a francia köztársasági elnök részére készített jelentés „A számítógépesített társadalom” címmel, 1979-ben, a Római Klub 1982. évi jelentése „Mikroelektronika és társadalom, áldás vagy átok” címmel 1984-ben.) Összességében két egymás mellett kibontakozó várható fejlődési irányt különböztethetünk meg.

Az egyik irány a miniatürizálás. Egyre kisebb és kisebb elektronikai alkatrészek készülnek. Bizonyára van valahol határa a miniatürizálásnak, azonban egyelőre ettől még messze vagyunk. A közeljövőben a szilícium helyére a gallium-arszenid kerül, amely 10...100-szoros fogyasztáscsökkenést, és az integrálódás ugyanakkora növekedését hozza magával. Ki gondolt volna akár csak öt évvel ezelőtt is arra, hogy írógép nagyságú számítógépek is megjelennek, mint pl. az IBM PC-XT, amelynek központi tára 512 kbyte kapacitású, és két olyan lemezes tára van, amely egyenként 10 Mbyte jelet képes tárolni? (Csak összevetésként: 20 évvel ezelőtt egy 64 kbyte-os gép még nagygépnak számított.) A méretek és az árak csökkenése, a teljesítőképesség és a használhatóság rohamos növekedése várhatóan igen széles körű elterjedéshez fog vezetni. A számítógép a lakás megszokott „bútordarabja” lesz.

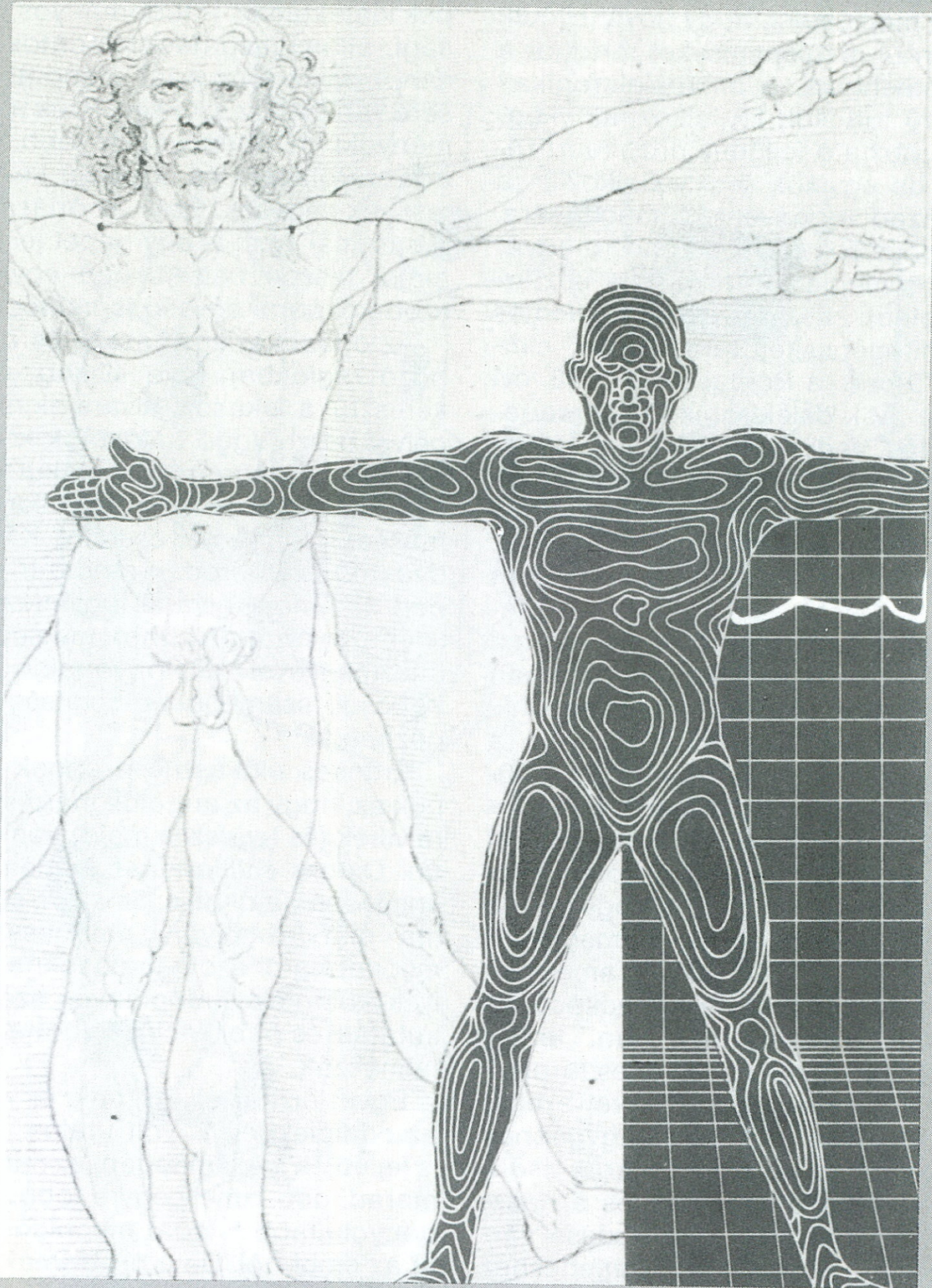
A fejlődés másik iránya az óriásgé-

pek kialakulása. A tudományos, gazdasági, államigazgatási feladatok ellátásához egyre több adat központi kezelésére van és lesz szükség. Ezek a teljesítményükben óriás gépek több milliárd adat tárolására és egyidejű kezelésére lesznek képesek. Ezek az óriások valójában már nem is egy gépet jelentenek majd, hiszen belsejükben egyidejűleg több központi egység is működik.

Az óriásokat egymással, és a különböző régiókban levő kisebb gépeken keresztül a lakások, hivatalok mikrogépeivel összefüggő hálózatok kötik össze. Olyan idegrendszer alakul ki, amelyen keresztül kölcsönösen lehet egymással információt cserélni. Kialakul a decentralizált irodai rendszer, amelyben az ember hivatali ügyintézéseinek jelentős részét az otthon meglevő és az intézményével telefonvonalon összekapcsolt számítógépe segítségével végezheti el.

Érdekes előkészítése ennek a jövőnek az, hogy az angolok mágneslemezre vitték (és terjesztik majd) nemcsak az ún. Oxford Dictionary-t, hanem Nagyenciklopédiájukat is. Se szeri, se száma ma már az olyan, mágnesszalagon megkapható szolgáltatásoknak, amelyek különféle tudományos szakterület kutatási és publikációs információit tartalmazzák.

Egyet biztos állíthatunk, és erre már az eddigiekben is volt utalás: bárhogyan is fejlődjen a számítógép, az mindig gép marad, gép, amely egyre több és egyre bonyolultabb feladat megoldását veszi át az embertől. De a problémák, a döntések megmaradnak (és igazán ezek maradnak meg) az ember működési területének.



Rémképek

A jövőt idéző képekbe itt-ott bizony rémisztő vonások is bekerülnek. Nemcsak a tudományos-fantasztikus irodalomban, de a szépirodalomban, újságokban, sőt még egyes tudományos közleményekben is az elgépiesedett társadalom, az elembertelenedett világ kataklizmája jelenik meg, amely végleg elpusztít mindent az emberi civilizációból. Nem mindig olyan végletekről van szó, mint Rossum robotjai esetében, amelyek felázadva elpusztítják az emberiséget. A jóslatok néha „megelégsszenek” azzal, hogy az ember elsatnyul, eltunyul, úgy festve le a jövő nemzedékeit, mint hordó nagyságú fejjel és csökevényes, vézna végtagokkal rendelkező torzszüleményeket. Az ember fizikailag elkorcsosul, az önmaga által teremtett „lények” kiszolgáltatott bábjaivá alacsonyodik.

Mindenkinek joga van az álmodozáshoz, s ha úgy tetszik, a rémálmok látásához is. De hát nem újság az emberiség történelmében a vészjósló hang, nem mentes attól a Biblia vagy a Kalevala, a görög mitológia vagy a magyar mondák világa sem. Ezek a hangok megsokasodtak az ipari forradalom kibontakozásakor – hogy a sok közül csak egyet, Goethe szavait idézzük a gépkorszak borzalmáról: „A mind nagyobb teret nyerő gépesítés gyötör és félelemmel tölt el, viharként lassan-lassan közeleg; de már egyenletesen felénk tart, meg fog érkezni, és le fog csapni.”

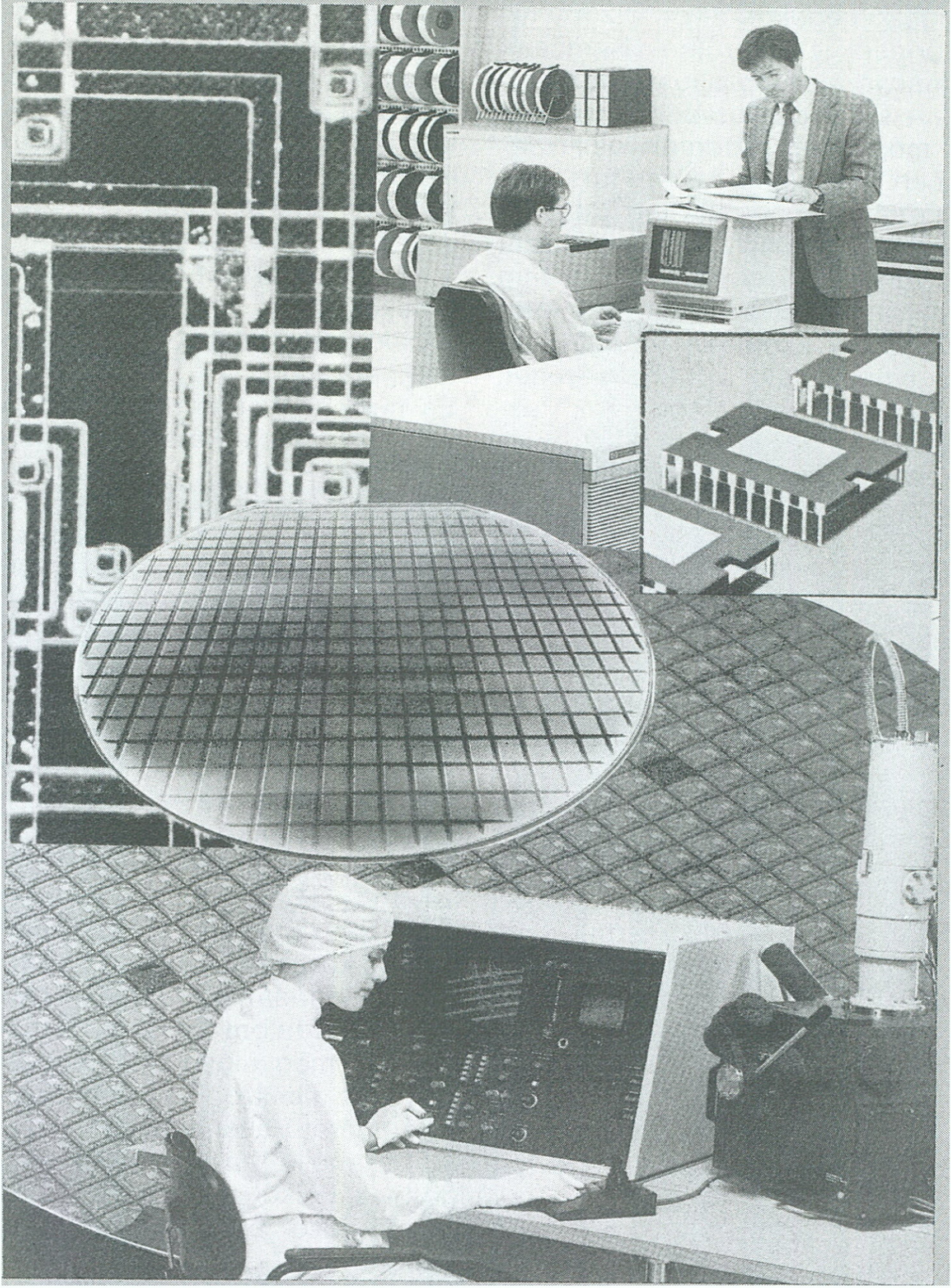
Mintha csak a roboturalomtól való félelem jóslatát hallanánk. De van, aki

kevesebbel is beéri. A nagy információs rendszerek kialakulása sokak szerint veszélyezteti az emberi szabadságot. A számítógépes adatbankok olyan eszközök adnak a hatalmak kezébe, amelyekkel sakkban tarthatják állampolgárait. De hát ehhez nem kell számítógép! József Attila is így írja:

„Számontarthatják, mit telefonoztam
s mikor, miért, kinek,
Aktákba írnak, miről álmodoztam,
s azt is, ki érti meg,
És nem sejthetem, mikor lesz elég ok
előkotorni azt a kartotékot, mely jogom
sérti meg.”

Igaz, a számítógépes rendszer több lehetőséget ad a számontartásra, és az adatok jogsértő felhasználására is. De mindez nem számítógépkérdés, hanem társadalmi-politikai probléma. Mint ahogy az is az, hogy a robotok terjedése az össz emberi munka könnyítéséhez, vagy tömeges munkanélküliséghez fog-e vezetni. A technikai fejlődésben visszaút nincs, de ez az emberiség változását csak akkor okozhatja, ha ez nem jár együtt a társadalmi fejlődéssel, egy olyan társadalom kialakulásával, amelyben a fejlett eszközök nem kiváltságos kevesek uralmát és korlátlan vagyonosodását szolgálják, hanem az osztálytársadalom érdekét. Ennek világméretű megvalósulása nehezebb lesz, mint az elektronika, számítástechnika világméretű elterjedése.

De enélkül, a szocialista világ kialakulása nélkül a közeli, s különösen a távoli jövő problémái nem oldhatók meg.



Ami mindezek mögött van

Mérföldlépő csizmánkkal – térben és időben – óriási távolságot tettünk meg. Könyvünknek nem célja, hogy szakismereti szinten foglalkozzék a technika és a számítógép kapcsolatával. Azt azonban mindenkinek tudnia kell, hogy mindezek mögött tudósok és munkások, matematikusok, mérnökök, fizikusok és laboránsok nagy szakértelmet kívánó és megfeszített munkája rejlik. A társadalom igényli az eszközök és a programok fejlesztését, de ezt az igényt csak a legkorszerűbb tudomány és technika képes kielégíteni. Vessünk csak egy pillantást egy chipgyártó üzembe! Mielőtt belépünk, tetőtől talpig fehér, csuklyás köpenybe kell öltöznünk; a külső légtértől zsiliprendszer választja el a gyártósort. Tenyéryni nagyságú szilíciumszeleteken sok ezernyi „morzsa” van, amelyek mindegyike több ezer alkatrészt tartalmaz. A legkisebb hőmérséklet-ingadozás, por vagy nedvesség tönkretelheti a gyártmányt, még a lélegzet páratartalma is selejtet okozhat. Különleges tisztaság és különleges munkafegyelem szükséges, a termelésnek olyan kultúrája, ami nélkül nincs mikroelektronika.

Mi kerüljön gyártásba? Mi legyen a chipek funkciója, és ehhez hogyan kell kialakítani a parányi alkatrészeket? Mindezek a kutató-tervező laboratóriumokban dőlnek el, ahol hasonló szigorú körülmények között dolgoznak fizikusok és mérnökök. Munkájukat számítógép segíti, azzal tervezik meg az áramköröket, a gyártmányt és a gyártást. Ebben a fejlesztésben nincs megállás, mert aki megáll, a rendkívül kiélezett világversenyben még jobban lemarad. Az eszközök fejlesztésében nem-

csak a gépet alkotó mikroáramköröknek, hanem a géphez csatlakoztatható érzékelő- és beavatkozó szerveknek a fejlesztésére is gondolni kell. Ma már kapható hüvelykujj nagyságú televíziós kamera, vagy még annál is kisebb, az orvosi diagnosztikában felhasználható képközvetítő eszköz. Óriás méretű robotok készülnek, amelyek több tonnás terheket is képesek megmozgatni éppúgy, mint a pici, laboratóriumi vagy orvosi célokra felhasználható kivitelűek. Egyes gyárakban már megvalósult, de a technológiai folyamatok túlnyomó többségében még csak kutatják a rugalmas gyártórendszereket, amelyekben az ember már csak a felügyelő szerepét tölti be.

És mindezek csak eszközök. „Életre-keltésükhöz” programok, programrendszerek szükségesek. A legtöbb számítógéprendszerrel a hardverrel azonos értéket jelent a szoftver. A számítógép programozásának szakmája nagy felkészültséget és ötletgazdaságot igényel művelőjétől. Mindebből a felhasználó mit sem lát; sőt úgy tűnik, hogy a számítógép kezelése egyre egyszerűbbé és könnyebbé válik. A programozónak viszont szinte minden lehetséges változatot előre végig kell gondolnia. Sosem feledkezhet meg arról, hogy a számítógép csak azt, és csak annyiban hajtja végre, amit és amennyiben a program erre utasítja. A programozónak még arra is számítnia kell, ami kiszámíthatatlan, azt is várnia kell, ami váratlan. A felhasználótól nem várjuk, nem várhatjuk el, hogy a program utasításrendszerét ismerje, így azt sem, hogy a fellépő hibákat kijavítsa. De nem azok a legbonyolultabb programok,

amelyek a felhasználói nagyközönség számára készülnek. A gépek operációs rendszerei; a magas szintű programozási nyelveket a gép számára lefordító programok; programozást segítő programok; bonyolult rendszerek modellezése és még számtalan olyan feladat létezik, amelynek megoldásához gyakran több tucatnyi kiválóan képzett programozó matematikus összehangolt tevékenysége szükséges.

Hardver és szoftver egyre jobban összefonódik, egyre kevésbé lehet elválasztani őket egymástól. Nem egy programrendszer már ún. beégetett formában kerül a gépbe, vagyis egy chipen, amelynek egyszerű behelyezésével a gép már mindazt tudja, amit a programozó belediktált.

A szakemberek köre a hardveres és szoftveres gárdával még korántsem teljes. Az intézmények és vállalatok, hivatalok és gyárak: élő szervezetek, amelyek – rossz szervezés esetén – a legmodernebb számítógépes rendszereket is kivethetik magukból, elpusztítva így a gépet, sőt önmagukat is. A számítógép hatékonyságát csak akkor tudjuk kihasználni, ha szervesen beleillesztjük a felhasználói rendszerbe. Ez nemcsak azt jelenti, hogy az igényeinek megfelelő programokkal kell ellátnunk a gépet, hanem azt is, hogy a számítógép követelményrendszerének megfelelően kell módosítani a megszokott szervezeti rendet, a kapcsolatokat, az adatszolgáltatást. Ez a rendszerszervező feladata, aki a felhasználók különböző szintű képviselőivel a hardver – szoftver előál-

lító szakemberekkel együtt egységes technikai rendszerré szervezi az egyébként különálló részeket. Talán nem ilyen mélységben, de bizonyos „szervezetmódosításra” szükség van akkor is, ha nem nagy számítóközpontokkal, hanem csak mikroszámítógéppel egészítjük környezetünket.

A technika világa a természetbe ágyazott társadalom szerves része, azaz egységes rendszert kell alkotnia. A cél az emberi társadalom fejlődése és boldogulása, ennek a célnak van alávetve minden technikai fejlődés.

Kérdés persze az, hogy a társadalom hogyan lesz képes a mikroprocesszorok és az általuk létrejövő mesterséges intelligenciák hasznosítására? – Az ember nélküli gyárak reális lehetőségeivel már a közeljövőben számolhatunk. Az első ipari forradalom felszívta a mezőgazdasági munkaerőt, és az iparban helyezte el. A második, a mikroelektronikai forradalom az iparból szívja el a munkaerőt, és helyezi el az információfeldolgozás és az egyéb szolgáltatások területén.

A tudományos-technikai forradalom nem kis gondot jelent a politikusok, államvezetők, közgazdák, filozófusok, szociológusok számára, hiszen meg kell oldani a parlagon heverő „ipari tartalékhadserg” sorsát és jövőjét. Az ismeretlen feltárása, az új összefüggések megtalálása, az új dolgok létrehozása szabadon szárnyaló, kitartó alkotói tevékenységet igényel, amelynek újszerű alapjait most kell oktatási rendszerünkben lefektetni.

Ára: 48,— Ft

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ