

ENDREI WALTER

Az automatagépek programvezérlésének eredete

A lyukkártya keletkezéséhez

Az önműködő gépek vagy automaták igen ősi szerkezetek. Végső fokon minden csapda, a tibeti imamalom, Heron és Philon számos játékos megoldása megérdemli e nevet. Automata az a bámulatos, 120 hangból álló bambuszharangjáték is, amelyet a vietnami szedangtörzsek szerkesztenek a rizsföldjeiket dézsmáló állatok elriasztására.¹ Ezek a gépek azonban egy közös tulajdonsággal rendelkeznek: egyetlen, szerkesztőjük által előre elhatározott műveletet vagy műveletsorozatot hajtanak végre. A munkát kiváltó impulzus és a végeredmény között merev, nem alakítható mechanikai láncolat rejlik.

Mai termelőautomatáink ezzel szemben jobbára sokféle, bár egymással rokon műveletet képesek végrehajtani, attól függően, milyen programfeladatot tűzünk ki számukra. Az impulzus és a termelő automatizmust kiváltó első szerkezeti elem közé leolvasó berendezés került; ez vezérli voltaképpen az egész gépezetet. A leolvasószerkezet lelke pedig a cserélhető lyukkártya vagy annak valamilyen származéka. Erre a lyukkártyára kerül siffrírozott formában a műveletterv és így „adagolják be” a gép programját.²

A lyukkártya tehát döntő változást hozott: rugalmassá tette az automatizmust, megnyitotta az utat a sokcélú önműködő munkagép és a válogató és elhatározó számológép felé. Az egyik a testi munka felszámolására, a másik hosszadalmas szellemi munka lerövidítésére irányul. Feltalálása tehát nagy jelentőségű tett, amelynek horderejét sem kortársai, sem mai hasznélvezői nem méltányolják eléggé.

A lyukkártya első alkalmazása a közhiedelem szerint Jacquard nevéhez fűződik. A mintás szöveteket készítő takács munkája csakugyan a legaprólékosabb, kis termelékenységű munka volt, amellyel végső soron mégis tömegcikket állított elő. Vetésenként kellett új helyzetbe hozni a láncfonalakat; így dolgoznak máig is a fesi damasztiszövők.³ Az aranyműves vagy fafaragó munkája esetleg hasonlóan lassú, de terméke egyedi mű, míg a szövet mintája állandóan ismétlődik. A mintaelemnek (rapport) a szövet szélességében és hosszában való folytonos ismétlődése teszi kézenfekvővé az emberi figyelőmunka mechanizálásának gondolatát. A Jacquard-féle lyukkártya éppen ezért az auto-

¹ Leírását, sok jó képpel l. *Sciences et Avenir*, 1959. aug. 402—405. l.

² Nem kívánunk itt foglalkozni az automaták egy másik csoportjával, amely a másolás elvén alapszik. A digitális és analógias számológépek e két típus szélsőséges képviselői, a két alapelem pedig a lyukkártya és az excenter. Nem technikus számára talán egy hasonlat teszi érzékelhetővé az alapvető különbséget: az első a kintorna, a másik a gramofon elvét képviseli.

³ *L. Golvin*: *Le métier à la tire etc.* *Hesperis* 37. (1950) 21—52. l.

maták e gépelemének korai nagyhatású példája, de — mint látni fogjuk — távolról sem az első.

Vizsgáljuk meg a Jacquard-gép kártyájának működését. Három lényeges elemből áll a leolvasószerkezet:⁴ egy négyzetes keresztmetszetű hasáb sűrűn elhelyezett furatokkal, az arra pontosan illeszkedő lyukkártya és a tűk.

A hasáb minden vetésnél elfordul és a tűk nekinyomódnak furatainak. Minden tű egy, a szövetségben eltérő módon haladó láncfonalat vezérel karok és emelők közvetítésével. A hasábra illeszkedő kártya lyukazása megakadályozza a tűk egy részének a furatokba való behatolását, és így előidéz a láncfonalak vetésenkénti önműködő kiválasztását. A tűk a tapintószerkezet, a kártya a programelírás szerepét töltik be.

Köztudomású, hogy Jacquard híres gépét 1805-ben fejezte be, amikor a Conservatoire des Arts et Métiers alkalmazottjaként megismerhette Vaucanson ott elfekvő, elemeire bontott gépét (XXII. 1. kép). Ez a túlbonyolult mintázószerkezet is ellátta a kitűzött feladatot, azonban drágasága, lassúsága miatt sohasem vették gyakorlatba. Jacquard a 60 éve porosodó alkotmányból a mozgatószerkezet elvét, a több-tűsoros rendszert átvette, a furatos hasáb azonban saját ötlete volt, lyukkártyát pedig Vaucanson nem is használt.

A mintát Vaucanson furatos dobra vitte fel és az egész dobot szorította neki a tapintó tűknek. Ez bizony nem sokkal célszerűbb számos egykorú találmánynál, amelyeknél hevederre,⁵ dobra⁶ erősített bütykök emelgették a szádképzőszerkezet karjait. Ami azonban Vaucanson és kortársainak találmányát kitüntette elődeikével szemben, az az volt, hogy a dob, ill. hevedert a gép maga forgatta, s így feleslegessé vált a korábban nélkülözhetetlen kisinás, aki a zsinórokat huzogatta.

Mert a papírkártya ezektől az elődöktől származik. Bouchon 1725. évi és Falcon 1728. évi találmánya egyaránt papírkártyán alapszik, de náluk forgó hasáb vagy dob nincsen: a kártya továbbítását kisinás végzi.⁷ Az előbbi hosszú papírtekercsen rögzítette a mintát, utóbbi már kartonlemezláncot használt.

A lyukkártya történetét 1725-ön túl egyelőre nem tudjuk követni. Azonban láttuk, hogy elvét 1728 és 1805 között, amikor Jacquard a feledésből ismét napfényre hozta, olyan bütykös dobok és hevederek érvényesítették, amelyek hatásukban nem különböztek tőle. Volt egy előnyük is. A minta elavulása esetén a papírkártya használhatatlanná válik — a furatos fadó bütykei azonban új minta képzésére áthelyezhetők. A szerkezet mozgatásának nehézsége viszont a papírkártya javára döntötte el a küzdelmet. De nem kétséges, hogy a dob elvileg éppen olyan szerepet tölt be a munkagép programjának tárolásában, mint a kártya. A furataiban vagy hornyaiban rögzített dugók épp oly szelektív munkát látnak el, mint a papírkártya. Honnan származik hát a bütykös dob?

⁴ A teljes Jacquard-gép ismertetése, tehát a kések, platinák és zsinórszerkezet ehelyütt nem bír jelentőséggel, hiszen a lyukkártya szerepét elemezzük.

⁵ Az ún. vászongépet *Johannsen*: Die Geschichte der Textilindustrie (Leipzig, 1932) c. munkájában ismerteti Wagenknecht, 305—306. l.

⁶ A dobgép (1735) és Waldhór gépe (1799) (uo. 304 l.). Jó egykorú leírás egy ismeretlen, 1770 körüli automatáról *Jacobsson*: Schauplatz der Zeugmanufakturen in Deutschland, IV. (Berlin, 1776. 246—253. l.)

⁷ Mind e két szövészék, mind a korábban említettek működő makettjét őrzi a Musée des Arts et Métiers (Paris).

Abban a korban, amelyben az önműködő mintás szövőgép kialakult, a mechanikus materializmus ulti diadalát. Ekkor írta Laplace az „Application du calcul des probabilités aux sciences morales” c. tanulmányát, melyben a társadalmi berendezés változtatásait követelte a valószínűségszámítás módszereinek felhasználásával; ekkor publikálta Lamettrie „L’homme machine”-ját, ekkor teszi bolonddá a világot Kempelen Farkas sakkautomatájával.⁸ A világ jelenségeinek könnyű megismerése és reprodukciója nemcsak a felvilágosodás vezető elméit tartotta lázban, hanem a köznépet is. A mutatványos bódében ezidőtájt válik az automatafigura közönségesse. A sakk-, „automata” is csak úgy válik érthetővé, ha az író, rajzoló, zenélő figurák, a mozgalmass utca, műhely és csata képét megelevenítő automaták sorában szemléljük.⁹ Ne feledjük, hogy Vaucanson többek közt szövőautomatát is szerkesztett, és amikor a kenyerüket feltű takácsok emiatt közáporral fogadták, a szövőszéknél ülő alakot számárformára mintázta. Az óraműre járó gépmakett egyébként is érdekes módon megelőzte az önműködő gépet; sok nyugati céh emblémaként használta legjellegzetesebb termelőeszközének automata mását. A genti céhek fáklyatartóin már a XVIII. század elején ilyen önműködő játékok ékeskedtek.¹⁰

A XVIII. század automatáinak egy része már változtatható programmal működött. Jaquet—Droz és Maillardet író, rajzoló automatáinak, a zenegépek zömének kis bütykös vagy tűs dob volt vezérlőeleme, bár olykor excentersorozatokkal kombinálták azt.¹¹ A Vaucanson és társai által javasolt damaszt-szék vezérlési módszer ebből a környezetből táplálkozik. Azonban a bütykös dob jóval korábbi.

Eredete a zenélőszerkezetekben található meg. Végláthatatlan a száma a XVII—XVIII. századból ránkmaradt tubákos szelencékben, füttyülő madárkákban, órákban működő, cserélhető hengerrel felszerelt zenegépeknek.¹² A dallam ezekben rendszerint oly módon keletkezik, hogy a dob palástján elhelyezett bütykök kétkarú emelőkből álló sorozat egyes tagjait mozgatják úgy, hogy a hosszabb kar csengőt üt vagy egy orgonasíp szelepét nyitja meg. A zenélőszerkezetek e típusa azonban még korábbi automataberendezésekből vette át a bütykös dobot. Ezek a középkori templomi harangjátékok.

Alig van nyugat-európai város, melynek óráját a XIV. század után önműködő harangjátékkal el ne látták volna. A legkorábbi bizonyosságunk a strassburgi székesegyházé (1352) és az olomouci óraműé (1419/20), a XV—XVI. században pedig már 1000 feletti lyukhellyel rendelkező, tehát bonyolult dallamokat játszó dobautomaták működtek. Egyik legépebben fennmaradt példá-

⁸ „L’ambition intellectuelle ne mesure pas ses moyens techniques et l’on discrédite finalement la mathématique en lui faisant porter la responsabilité d’opinions pas très fondées” — írja e korszakról találóan Guilbaud (Pilotes, Stratèges et Joueurs. Structure et Evolution des Techniques 5 (1953) 35—36 sz. 39. l. Ugyanez áll a fizikára és ezen belül a mechanikára is.

⁹ *Chapuis-Droz*: Automata. A historical and technological study. Neuchâtel, 1958. 408. l.

¹⁰ Érdekes lenne megvizsgálni, milyen hatást tett ez az elterjedt barkácsoló törekvés az ipari forradalomra. A „gépesíthetőség” eszméjét mindenképpen támogatta. A XVIII. század mesterembere nem szkeptikusan fogadja a gépet, hanem ellenségesen.

¹¹ Zemanek mutat rá, hogy az első analóg-digitális vezérlésű automata Knaus 1760 körüli „mindent író csodagépe”. (Vor 200 Jahren: Ein Schreibautomat mit kombinierter Analog-Digitalsteuerung, VDI-Nachrichten 1959. márc. 28.)

¹² Jó leírásukat adja *Chapuis-Droz*: i. m. 265—288. l.

nyuk a düreni harangjáték, amely félóránként egy egyházi himnuszt, óránként egy világi dallamot játszik (XXII. 2. kép).¹³ Nem bizonyítható ezzel szemben, hogy a nagyszámú korai olasz templomi óraművek (Milano 1336, Padova 1344, Orvieto 1345) tetszés szerinti melódia beállítására lettek volna alkalmasak.¹⁴ Minden jel arra mutat inkább, hogy a szerkezet eredete Hollandiában keresendő. Emellett nemcsak az szól, hogy ma is ott van a legtöbb régi ilyen típusú harangjáték, hanem az is, hogy a németországiak nagy részét hollandi mesterek készítették.¹⁵ Azonban az automatát vezérlő szerkezet származása pontosabban nem határozható meg.

Ha a bütykös dobot egyszerű gépelemnek tekintjük, melynél tehát a szelektív munka, a bütykök cserélhetősége nem jut szerephez, akkor még egy érdekes összefüggésre lehet rámutatni. Éppen a középkor derekán, a XIII–XIV. században terjednek el a különböző célt szolgáló ütő-törő malomfajták.¹⁶ A papírmalomban a rongyot foszlatja, a hámorban az ércet zúzza, a kallóban a posztót „döröcköli” (ahogyan még a XVIII. században is mondták) a bennük vizkerék révén mozgatott kölyű vagy kalapácsorozat. Közös gépelemük a főtengeley, amelyre egymáshoz képest eltérő szögben erősített emelőkarok vagy bütykök sorakoznak. Ezek különböző időpontokban megemelik a kölyüket, hogy azok rázuhanhassanak az aprítandó vagy alakítandó nyersanyagra. A bütykös tengely lényegében nem különbözik a harangjáték bütykös dobjától, csak más célszerűség hívta létre. A bütyköknek dobpaláston való elhelyezését a megnövekedett forgatónyomaték megmagyarázza.

A vizkerék teljesítménye egyenletes, a kalapács és kölyű munkája szakaszos. A kalapács megemelése után a vizkerék üresjáratát úgy lehetett a legjobban megszüntetni, ha több hasonló szereltek fel a tengely hosszában egyenletesen elosztva oly módon, hogy a kerék által közvetített vízierőt a fordulat minden pillanatában egyenletesen használják fel. Ez nemcsak energia- és időtakarékoságot jelentett,¹⁷ hanem a gépezet rázkódásmentesebb működését is maga után vonta. A bütykös tengelyt azután olajütőkön, kendertörőkön, farkkalapácsokon és egy sereg más gépen látjuk viszont.

A bütyök- vagy szegsorozattal felszerelt tengely keletkezése egyszerű mechanikai tökéletesítéssel magyarázható. Eredetileg egy fordulatra egy kölyűemelés esett; több kölyű vagy kalapács kellenén több kereket állítottak fel. Az első tökéletesítés a munka gyorsítása volt: 2–3 bütyköt helyeztek el 180, ill. 120°-os szögben, ami a teljesítmény jelentős növelésével járt. Ennél több ütést nem lehetett elérni, mert a zúzóelem lezuhanása is időt igényelt (XXIII. 1. kép).

Időközben azonban — a közönséges őrlőmalmok példája nyomán — megkezdődött a kerékteljesítmény fokozása. Az átmérő és szélesség, valamint a lapátméret növekedése nemcsak a szolgáltatott energiamennyiség fokozását jelentette, hanem a fordulatszám csökkenését is eredményezte. Így lehetővé vált a munkahelyek szaporítása és a bütykök számának 4–5-re való emelése. A tengely hosszában olykor 15–20 munkaelemet (kölyűt, kalapácsot) helyez-

¹³ Feldhaus Lexikonának „Glockenspiel” fejezete.

¹⁴ *Chapuis-Droz* : i. m. 50. l.

¹⁵ *Feldhaus* : Uo.

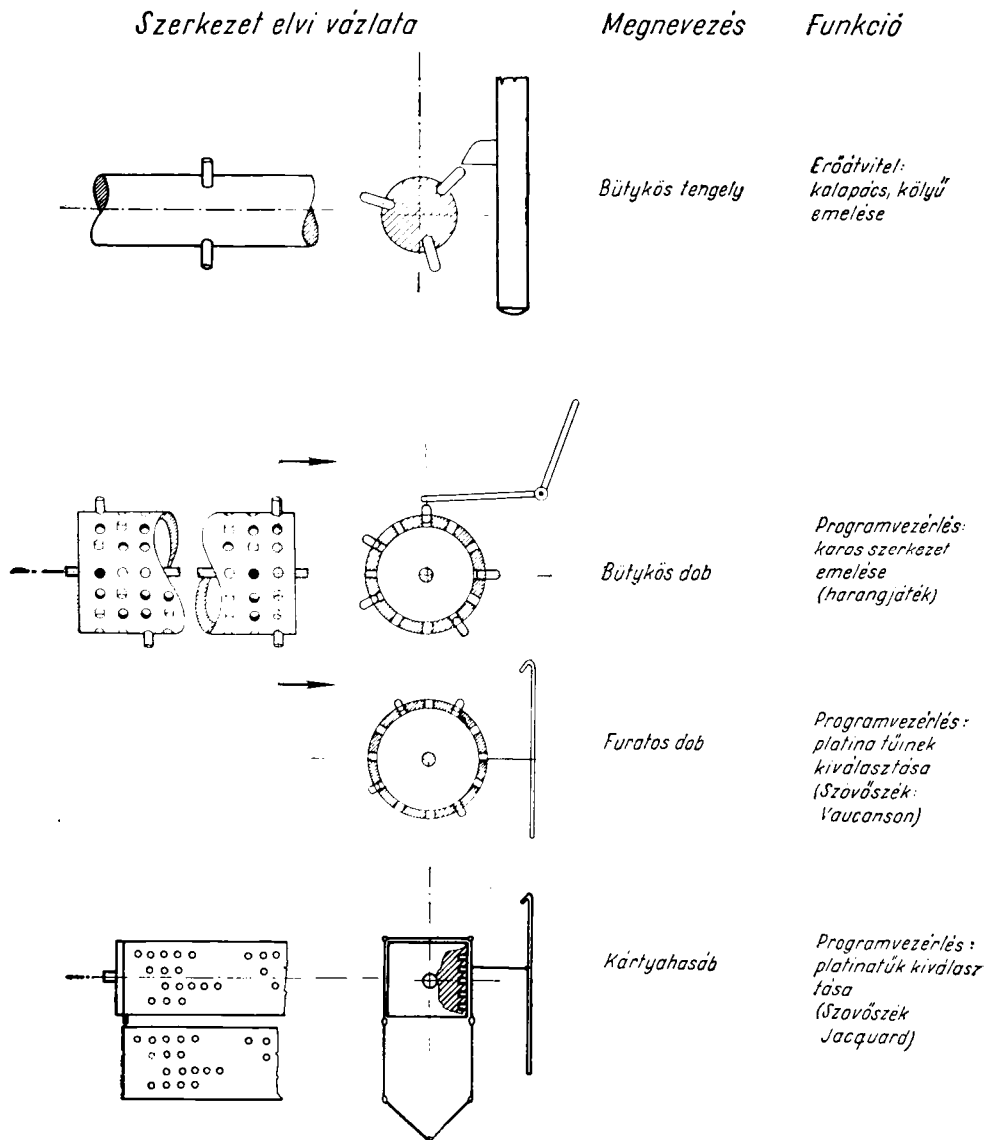
¹⁶ *Feldhaus* : *Die Maschine im Leben der Völker*. Basel, 1954. 184. és 215–216. l. J. Pazdur (Warszawa) szíves közlése szerint az első lengyel kölyűs malom a XII. század első felében igazolható. Keletkezésüket tehát legkésőbb a XI. század végére tehetjük.

¹⁷ 8–12 kölyűs puskapormalmokat ismerünk a XVI–XVII. században.

tek el, s így előállt a 80—100 szeggel vagy bütökkel dolgozó tengely (XXIII. 2. kép).

*

Egy gépelem, ill. szerkezeti elv fejlődésének így módon való nyomonkövetése érdekes tanulságokkal járhat. A szerkezeti elv nem szenvedett változást: egy vízszintes tengely forgását a többé-kevésbé bonyolult berendezés egyenesvonalú mozgássá alakítja át. A lényeges változás a gépelem alkalmazásának módjában állapítható meg.



Mint minden fontos új technológiai módszeré, ennek eredete is a természetben keresendő. Az egyszerű, vízzel hajtott kölyű vagy kalapács a kézzel (mozsártörés) vagy lábbal (kallózás) végzett nehéz testi munka pótlására születt. Az a mennyiségi változás, amely a kölyűsorozatot eredményezte, önként következik a megnövekedett szükségletből. Az első minőségi változást a bütykös dob jelenti. Nem a dobpalástra helyezett bütykök miatt — ezt a lépést szilárdsági követelmények indokolják —, hanem a felhasználás célkitűzése miatt. Bonyolult szellemi munka egyszeri reprodukálását tette lehetővé a primitív harangjáték, s ezzel a gépelem megtermékenyítette a szellemi kultúra egy területét.

A következő lépés a modern termelőautomaták programvezérlése szempontjából döntő, mégis a gépzene területén zajlott le. Az új dallamok összeállításának szándéka a szegecsek cserélhetővé tétele révén a furatos dobot eredményezte a XVI. század óta bizonyítható nagy harangjátékoknál, és ez maga után vonta a játékos cselekvő automaták szerkesztésének divatját (író, rajzoló figurák). De a cserélhetőség érdekében készített furatok a dobpalástban egyidejűleg a lyukkártya koncepcióját rejtik magukban.

A negyedik változás a szerkezetnek a termelésbe való visszatérésével jellemezhető. A mintás szövés területén történt a bütykös dobnak papírkártyás hasábbá való átalakulása is. A szelekció módszere lényegbeli változást nem jelent, de kifinomodása utat nyitott valamennyi iparágban való felhasználására.

A formai és tartalmi változások e szekvenciája nem elszigetelt jelenség: a nyelvészettől a biológiáig újból és újból találkozzunk vele. Úgy tűnik, egyetemes fejlődéstani törvényszerűség egy megnyilatkozásával állunk szemben, amely a mechanika történetének természettudományos szemlélettel végzett feltárása közben számos hasonló példával fog még szolgálni.

WALTER ENDREI

DER URSPRUNG DER PROGRAMMSTEUERUNG MODERNER AUTOMATEN

Zusammenfassung

Das wichtigste Element eines modernen Produktions- oder Rechenautomaten ist die Lochkarte mit der Abtastvorrichtung. Dieselbe kann ohne weiteres auf die Jacquardmaschine (1805) zurückgeführt werden, aber ihr eigentlicher Ursprung liegt viel weiter zurück.

Die Papierkarte war an Webstühlen am Anfang des XVIII. Jahrhunderts entstanden. Die Speicherung des vorgelochten Programms ist aber über die gelochte Trommel Vaucansons aus den Stiftwalzen der Glockenspiele und Uhrwerke abzuleiten, und diese gehen letzten Endes auf die Nockenwelle der frühen Stampf- und Walkmühlen zurück. Dieser Mühlentypus wandelt die Kreisbewegung des Rades in die diskontinuierliche geradlinige Bewegung der Keule um und ist eine Erfindung der frühmittelalterlichen „industriellen Revolution“ des XI–XII. Jahrhunderts.

Der zweifache Funktionswechsel der Entwicklung dieses Maschinenelements wird erläutert.