

TÄNKANDE MASKINER

Av professor EDY VELANDER

NÄR man talar om, att en maskin kan tänka, beror det ju litet på, vad man lägger i begreppet. Man måste göra klart för sig, hur pass stora ambitioner man hyser i den vägen å maskinens vägnar.

Utan att gå in på några fysiologiska eller psykologiska finesser skulle jag vilja ställa det kravet, att en tänkande maskin skall vara i stånd att bearbeta iakttagelser och impulser på ett rationellt sätt och att låta resultatet bestämma sitt vidare handlande inom en på förhand bestämd ram.

Till den skapande tanken med allt vad därtill kräves av subtil associationsförmåga kan maskinen aldrig höja sig, men väl kan man begära, att den skall kunna kombinera fakta, som står till dess disposition, även när proceduren blir ganska invecklad. Man kan a priori vänta sig, att maskinen skall kunna utföra detta både snabbare och med större konsekvens än en mänsklig hjärna.

Gränsen nedåt går mot det instinktiva handlandet, då man i en given situation utan att tänka reagerar på ett visst sätt. Man lägger handen på ett hett föremål och rycker omedelbart bort den, så snart det perifera nervsystemet hinner att koppla ihop sensoriska och motoriska organ. Sådant är rätt naturligt för en maskin. Ett närliggande exempel är en smältsäkring eller maximibrytare, som kopplar av en elektrisk anläggningsdel, så snart den märker ett fel — en »kortslutning». Man brukar t. o. m. kalla dylikt oreflekterat handlande hos människor för maskinmässigt, även när förloppet är mycket mera komplicerat än det exempel jag här valt.

Tankeprocessen är just något, som kopplas in mellan observationen och reaktionen och den tar sig uttryck i överväganden, som hindra oss att handla maskinmässigt. Men sådana överväganden äro ingalunda främmande i maskinernas värld. Statens Järnvägar har för många år sedan introducerat något, som kallas för »kloka brytare». När det uppstår ett fel på kontaktledningen, t. ex.

en ljusbåge över en isolator, kopplar en sådan brytare genast bort felet. Men efter ett ögonblick försöker den av sig själv att koppla in igen. Kvarstår felet, dröjer den ännu en stund och gör så ett andra försök. Om felet kvarstår vid tredje försöket, kopplar den av definitivt och ropar på hjälp, d. v. s. ger signal. Dylik automatisk återinkoppling börjar alltmer användas även i de stora kraftnäten.

Hos den »kloka brytaren» finns samma sensoriska och motoriska organ som hos en vanlig brytare. Men den har därjämte rudimenterna av tankeförmåga. Den kan komma ihåg, vad den själv har gjort. Den kan arbeta efter en plan. Den kan välja mellan alternativ och den kan till sist fatta ett beslut, när den ej reder upp situationen, nämligen i detta fall att avstå från vidare försök.

Redan i detta enkla exempel kan man skönja fyra moment, som måste finnas hos en tänkande maskin. Den skall först och främst ha ett minne, med vars hjälp den kan jämföra intryck från känselorganen med tidigare erfarenheter. I detta minne skall alltså kunna upplagras inkommande impulser och mellanprodukter i maskinens egen tankeverksamhet. Den skall vidare kunna göra upp en plan för sitt handlande. Därvid kommer minnet till god hjälp, men utöver upplagringen av rena fakta kommer här en associativ funktion, som gör att maskinen kan steg för steg genomföra en kedja av sammanhängande operationer. För det tredje skall maskinen ha selektionsförmåga, d. v. s. den skall först och främst kunna välja mellan alternativa program, men den skall också under utförandet av ett sådant vara ständigt beredd på att gå över till ett annat, som visar sig mera framkomligt, och sålunda själv modifiera sitt handlande. Resultatet kan taga formen av en direkt impuls till de motoriska organen. Men det kan också tills vidare förbliva internt: tankeprodukten förvisas åter till minnet och får vila där, till dess det fjärde momentet kommer in och ett beslut om verkställighet fattas på basis av ytterligare överväganden.

Det svåraste ur maskinens synpunkt är den associativa funktionen eller m. a. o. att åstadkomma vad vi mena med valfrihet i en given situation. Det myller av hjärnceller och mångahanda slag av förbindelsevägar, som finnas även hos rätt lågt stående djur, ger mycket större möjligheter i associationsväg än man kan åstadkomma hos en maskin med rimligt uppbåd av tekniska hjälpmedel. Men även inom det mänskliga tänkandet är urvalsfriheten rätt begränsad, om man frånser en viss statistisk spridning. I de

flesta fall äro sammanhangen ganska enkla. Man får handlingsprogrammet klart för sig utan större möda, m. a. o. man får en vana, som reglerar handlandet.

Det mesta man kan vänta sig av en tänkande maskin är väl, att den får goda vanor, m. a. o. att man kan »lita på den». I mer abstrakta fall kallas vanan för dogm. I invecklade situationer bortser människan instinktivt från en mängd alternativ, som verkar främmande och därför oroande, och kopplar in i gamla kända tankebanor, som utgöra en kodifiering av tidigare erfarenheter och lärdomar. Det är inte omöjligt att hos en maskin även inpränta sådana dogmer och giva den en sådan selektivitet, att den avstår från mera äventyrliga utflykter. Man kan t. ex. lära den att avbryta verksamheten, då den kommer i en situation, som överstiger dess förmåga — t. ex. när något går sönder — och att genom signal begära hjälp för sitt fortsatta handlande, — en mycket klok åtgärd, som inte alltid faller sig så naturlig för den mänskliga hjärnan.

Här är ej platsen att gå in på den tänkande maskinens sensoriska och motoriska organ. Det må blott konstateras, att maskinen i dessa avseenden har mycket större möjligheter än människan och djuren. Det är inte bara det, att en maskin kan se och höra, känna värme och kyla, bestämma vikt och hastighet liksom vi, utan den gör detta med mycket större precision, på ett kvantitativt sätt, vartill det icke finns någon motsvarighet inom det organiska livet. Med lukt och smak är det litet ojämnt, men där är ju också vi människor starkt utsatta för subjektiva störningar. I gengäld kan emellertid maskinen använda ett väldigt område av fysikaliska fenomen, gentemot vilka människan är blind och döv, nämligen de elektromagnetiska svängningarna utefter hela frekvensskalan från likström och växelström via rundradio och mikrovågor förbi det lilla frekvensområde, som vi uppfatta som värme- resp. ljusstrålning och vidare in i det ultravioletta till röntgenstrålar och radioaktiva och kosmiska strålar. Likaså kan maskinen uppfatta mekaniska vibrationer långt utanför örats räckvidd in i de ultrasonora svängningstalen. Men framför allt kan maskinen med optiska och elektriska anordningar reagera oerhört mycket snabbare än det mänskliga nervsystemet med dess långsamma galvaniskt-fysiologiska förlopp.

På samma sätt gäller för de motoriska organen »servomekanismerna», att maskinen förfogar över titaniska krafter, okända inom det organiska livet. Men samtidigt är den kapabel att arbeta i en

mikroskala, t. ex. med avseende på förflyttningar och mekanisk precision, för vilken människans muskelkontroll icke skulle vara tillräcklig. När det gäller iakttagelseförmåga såväl som förmåga att utföra en handling måste vi alltså erkänna vår underlägsenhet.

Med största rätt kan sägas, att icke någon mänsklig hjärna har ett sådant minne som maskinen kan skaffa sig. I känslan av vår otillräcklighet ha vi ju för länge sedan lärt oss att bilda annex till vårt minne genom det tryckta ordet, genom ritningar och fotografier och på senare tid med dess krav på koncentration alla möjliga slag av registreringskort med invecklad klassificering. Sådant material kan maskinen icke lämpligen arbeta med. Men den har andra hjälpmedel. Bland dem, som fått störst tillämpning är håltremsan och hålkortet, minneselement, där siffror och kodifierade fakta återgivas genom att stansa ut hål i ett givet mönster, som maskinen kan »läsa»: den kan känna hålen med små mekaniska fingrar, med elektriska kontakter, genom att observera ljuset, som faller genom dem, eller på pneumatisk väg.

Sedan urminnes tider har man kunnat väva mattor med invecklade mönster för hand. På 1700-talet var det vanligt, att sidenvävarna i Lyon mobiliserade hela familjen för att efter givna kommandoord draga i de snören, som reglerade solvens och skyttelns rörelser. Det var ungefär 150 år sedan en av dessa sidenvävare vid namn Joseph Marie Jacquard hittade på att använda ett slags håltremsor för att lära vävstolen att själv komma ihåg, hur den skulle upprepa varje detalj i mönstret.

Sedan dess har hålkort och håltremsor använts för en mångfald ändamål. Ett självspelande piano lär sig med håltremsans hjälp att komma ihåg en melodi. En stilgjutningsmaskin enligt Monotypesystemet kan lagra upp en hel boktext i form av håltremsor från skrivmaskinen, till dess den får tillfälle att förvandla den till typer och rader. Hålkortsanläggningar för bokföring enligt Powers (mekanisk) eller Hollerith (elektrisk) håller med osviklig precision reda på tusentals affärstransaktioner, som man sedan när som helst kan plocka fram ur detta jätteminne för att kombinera till debiteringar eller bokslut.

Men maskinerna ha många slag av minnesorgan. Ett annat är inspelning av ljud på magnetiska trådar och band. Detta sker ju rutinmässigt inom rundradion, när man till tid eller rum vill frigöra de uppträdande från programmets tider eller studios lokalisering. Ett mäktigt hjälpmedel är också fotograferingen, framför allt mikrofotograferingen, d. v. s. fotografering i mycket liten skala

på filmband, som kan rullas för förvaring och sedan förstoras på fotografisk väg eller läsas direkt i förstoringsapparaten. Det finns en klar tendens att övergå från den maskinskrivna eller tryckta sidan till mikrofilmen, dels därför att denna tager mindre plats, men dels också därför att tänkande maskiner lätt och bekvämt kan handskas med filmband.

En intressant utveckling pågår i Amerika på initiativ av den kände dr Vannevar Bush, tidigare chef för Förenta Staternas vetenskapliga krigföring. Enligt hans system kopieras på filmbandet invid varje ruta klassificeringssymboler, som ange innehållets art ur olika synpunkter. När man med hjälp av Bush Rapid Selector vill ha fram data beträffande något visst fenomen, spelas filmbandet i rasande fart framför en optisk anordning, som snabbt utväljer de rutor, där klassificeringen motsvarar den sökta kombinationen. Dessa rutor blyxtfotograferas, då de passerar en kamera och av den nya filmen kan man sedan göra en bunt kopior, som innehåller just de informationer, man velat söka fram ur maskinens minne.

Tankebanor och handlingsprogram är inte heller något ovanligt hos maskinerna. Den kloka brytaren var ett mycket enkelt exempel. Man har t. o. m. präglat ett särskilt ord, »programregulator», för anordningar, som gör att en maskin med största noggrannhet går igenom ett på förhand uppgjort program, så snart förutsättningarna inställer sig. Urtypen för mekaniskt program-minne är kamskivan — en utveckling av excenterskivan. Här får man åter gå ca 150 år tillbaka i tiden för att finna det klassiska exemplet: James Watt's patent 1781—83 beträffande automatisk styrning av slider och ventiler i en ångmaskin medelst vevar och excentrar.

Men detta hjälpmedel kan tillämpas för många ändamål. Det kan sitta i en automatsvarv, som matar fram råämnet och utför den ena operationen efter den andra, till dess en färdig skruv, mutter eller annan maskindetalj ramlar ner i en behållare. Det kan vara en el-ugn, som sakta stegrar temperaturen, håller godset vid givet gradtal under föreskriven tid, och sedan sakta kyler av det. Det kan vara en maskin för tillverkning av glödlampor, som arbetar med gripfingrar, tryckluft, gasflammar och elvärme för sina olika operationer. Ett mera närliggande och enklare exempel är den automatiska tvättmaskinen, som med hjälp av ett slags kamskiva eller snarare kontaktvals sköter hela tvätten: blöt-lägger och sköljer tvättgodset, tvättar det i ett par omgångar med lagom tvålkoncentration, sköljer det i varmt och kallt vatten och

slutligen centrifugerar det rena tvättgodset, allt medan husmor är borta på teatern eller sitter som värdinna vid en middag.

Med hjälp av de nyssnämnda minnesorganen, hållremсор, magnetisk och optisk registrering etc. kan långt mer invecklade program sammanställas. Ett par unga kanadensiska vetenskapsmän, Eric W. Leaver och J. J. Brown, ha i en artikel i *Fortune* skisserat den helautomatiska fabriken, som styres av hållremсор och där inte bara vissa detaljer tillverkas utan där successiv sammansättning av delarna också sker automatiskt och där maskinens organ under arbetet utför kontroll på mellanprodukterna beträffande dimensioner och ytbearbetning, söker efter sprickor eller andra felaktigheter, mäter elektriskt motstånd och magnetfält t. ex. vid hörtelefoner, och undan för undan sorterar ut delar som avvika från önskad standard.

Här inkommer återigen selektionen som ett moment, vilket förvandlar den slaviska programkörningen till ett led i en funktionskedja, som är så pass avancerad, att man med viss rätt kan påstå, att maskinen tänker.

En slags automatiska maskiner, som i ovanligt hög grad föräna minne, programkörning och associativa funktioner, äro matematikmaskinerna, som på sistone låtit mycket tala om sig även i dagspressen.

Det finns två huvudgrupper av matematikmaskiner, av vilka den ena egentligen icke kan räknas till de »tänkande maskinerna» utan snarare till maskiner som hjälper oss människor att tänka. Man brukar kalla dem modellmaskiner eller analogimaskiner, därför att de i princip efterbilda matematiska ekvationer i algebraisk form.

Den andra gruppen, de verkligt tänkande maskinerna, kallas siffermaskiner, därför att de äro baserade på aritmetiska processer snarare än algebraiska.

En typisk analogimaskin är den stora differentialanalysator, som finns vid institutet för astrofysik vid Oslo universitet. En liknande bygges vid Chalmers tekniska högskola. Där återges algebraiska storheter genom vridning av långa stålaxlar. Additioner och subtraktioner utföras av kugghjul i planetväxlar och även multiplikationer och integrationer efterbildas rent mekaniskt. Hela maskinen drives med elektrisk motor. Likhetstecknet bildas genom att man helt enkelt kopplar ihop två axelstumpar, som representerar höger och vänster sida i ekvationen och resultatet kommer fram genom att maskinen ritar upp en kurva, som utgör ekva-

tionens lösning. Liknande analogimaskiner finnas av många slag. En stor grupp använder elströmmar för att avbilda de algebraiska storheterna. Man kan säga, att centralinstrument, bombsikten och liknande anordningar, som under kriget fingo en utomordentlig betydelse, höra till analogimaskinerna. I dessa insätts de många skjutelement, som bestämmer projektilens bana, varefter maskinen snabbt rapporterar, hur kanonen skall riktas in eller när bomben skall släppas för att man skall ha största möjliga chans att råka målet.

Siffermaskinerna ha en långt mera självständig uppgift. Det ingående materialet består av sifvertabeller, t. ex. i form av hålkort eller hålremsor, som lagras upp i maskinens s. k. yttre minne. Sedan får maskinen besked om, vad man väntar sig att den skall göra, d. v. s. den får på ett språk, som den kan förstå, upplysning om de ekvationer, som den skall tillämpa vid arbetet. För en maskin, som använder hålremsor, sker detta i regel så att varje siffergrupp förses med en order i form av utstansade hål enligt en särskild kod, som anger vilken operation som skall utföras med siffrorna. I regel måste en siffermaskin arbeta i många steg, t. ex. när en storhet skall bildas genom addition av en serie termer, som var och en fås fram genom multiplikationer och divisioner, såsom potenser och integraler el. dyl. och maskinen måste då också hålla reda på alla mellanprodukter i ett s. k. inre minne och kunna i tur och ordning plocka fram dem för fortsatta räkneoperationer. Kodningen av ett invecklat räkneproblem blir därför en maktpåliggande uppgift som kräver särskilt utbildat folk.

Det inre minnet måste arbeta med utomordentlig snabbhet och detta har givit anledning till flera intressanta konstruktioner. I en del siffermaskiner t. ex. i den berömda Eniac, som byggdes vid universitetet i Philadelphia under kriget, består minnet av kaskader av elektronrör — det lär ha gått åt 18,000 för Eniac. I en annan maskin, som är under byggnad i England, består minnet av ett långt rör med kvicksilver, försett med piezoelektriska kristaller i båda ändar. En elektrisk impuls, som kommer in till ena kristallen, omsätts till en mekanisk impuls, en knäpp, som fortplantar sig genom kvicksilvret med ljudhastighet. När den når kristallen i andra ändan ger den åter upphov till en elektrisk impuls, som alltså kommer ut med ett visst dröjsmål. Om denna skickas tillbaka till utgångsändan på elektrisk väg och ånyo sändes genom röret, kan man hålla den ständigt vandrande, så att den gång på gång passerar. I själva verket kan man på så sätt hålla

hela svärmar av impulser, växlande med tomrum, vandrande i röret och när som helst genom omkoppling av ett elektronrör låta impulserna i tur och ordning strömma in t. ex. i en additionsenhet.

Vid Radio Corporation i Princeton experimenterar man med ett ännu mycket snabbare minne, som är baserat på ett elektronrör av ungefär samma typ, som finns i televisionsapparater. I stället för att återge små bildelement i svart och vitt användes den svepande elektronstrålen här att inlagra eller taga ut tusentals siffror per rör, vart och ett bestående av en nolla (vitt) eller en etta (svart).

Det är karakteristiskt för de flesta siffermaskiner, att de arbeta med det binära systemet i stället för det dekadiska, och sålunda använda blott nollor och ettor. Det binära systemet är baserat på potenser av 2 i stället för av 10. I stället för 10, 100, 1,000, 10,000 etc. får man 2, 4, 8, 16. 101 betyder $8 + 0 + 2 = 10$; 1,010 betyder $16 + 0 + 4 + 0 = 20$. På så sätt får man 39 siffror i det binära tal, som motsvarar ett 9-siffrigt tal i det dekadiska systemet. Trots att talen bli så långa, har det binära systemet stora konstruktiva fördelar för maskinell räkning, därför att man i ett relä eller ett elektronrör alltid har två grundställningar, »till» och »från» full ström eller strömlöst, som kan användas för att markera nollor och ettor. Övergång till hålremsor och till fotografisk reproduktion blir enkel.

Den som använder maskinen behöver ej syssla så mycket med de binära talen, ty maskinen översätter själv inkommande vanligt siffermaterial till binära tal och när den blivit färdig med räkningen, översätter den resultatet till siffror i 10-tals systemet och levererar detta på hålremsor eller direkt som sifvertabeller, tryckta av maskinen.

Det karakteristiska för elektronrörsmaskinerna är att de arbetar oerhört snabbt. Den tid, som åtgår för enklare räkneoperationer, en addition eller dylikt, måste räknas i bråkdelar av en tusendels sekund och många exempel kan anföras, där maskinen på en dag eller två kan utföra kalkyler, som eljest skulle ta en tränad aritmetiker ett år.

Det som ger en anledning till att beteckna dessa fartvidunder som tänkande maskiner är emellertid deras förmåga att söka sig fram till en lösning. I många fall går det ej att finna lösningen av ett ekvationssystem genom direkta räkneoperationer. Matematikmaskinen kan då pröva sig fram med successiva närmevärden, som ger mindre och mindre fel, och på så sätt stänga in svaret

mellan gränser som alltmer närma sig varandra. När noggrannheten blir tillräckligt stor, konstaterar maskinen detta, slutar sökandet och rapporterar resultatet.

Det är litet vemodigt att tänka på, att även dessa utomordentliga nya hjälpmedel inom forskning och teknik väsentligen har världskriget att tacka för sin fulländning. De har använts för att räkna skjuttabeller för artilleriet, stabilitetsvillkor för jaktflygplan och för att lösa invecklade hållfasthetsproblem t. ex. vid studiet av explosioner. Många matematiska maskiner står därför direkt under militära förvaltningsorgan. Här i landet har emellertid i anslutning till beslut av 1947 års riksdag, som anvisade 2 miljoner kronor för anskaffande av matematikmaskiner i Sverige, inrättats en Statens Matematikmaskinnämnd i civil förvaltning för att ställa maskiner till förfogande både för militära ändamål och för naturvetenskaplig och teknisk forskning. Matematikmaskinnämnden har nyligen beslutat att låta bygga en relämaskin med måttlig programkapacitet och måttlig hastighet, som utföres av alltigenom svenskt material. Samtidigt pågår emellertid studier i syfte att planera en helt eller delvis svenskbyggd elektronrörsmaskin med mycket stor hastighet och kapacitet.