

PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny mgr inż. Bohdan Walentynowicz. Zast. red. nacz. mgr inż. Józef Ciszecka i mgr inż. Barbara Osuchowska – Redaktorzy działowi: prof. Stanisław Andrzejewski, mgr inż. Jerzy Antoniewicz, mgr inż. Janusz Gniewiewski, mgr inż. Władysław Pawłowski, dr inż. Karol Wajs

Rok XXXIX

Warszawa, listopad 1963 r.

Zeszyt 11

Prof. dr M. MAZUR Cybernetyczne zagadnienia myślenia*

007:681.14:159.955

Treść. W artykule podane są zasady opracowanej przez autora cybernetycznej teorii myślenia. Wprowadzając pojęcie korelatora jako organu służącego do korelacji, tj. przetwarzania informacji między receptorami a efektorami, autor analizuje związek między potencjałem koreacyjnym, mocą koreacyjną i przewodnością koreacyjną. Wyniki analizy umożliwiały wyjaśnienie takich zjawisk, jak wrażenie, wyobrażenie, emocija, refleksja, świadomość itp. Myślenie zostaje zdefiniowane jako korelacja w obiegu refleksyjnym. Porównując zachowanie się regulatora technicznego i organizmu ludzkiego z punktu widzenia koreacji autor udowadnia, że zdolność myślenia u człowieka wynika z istnienia homeostatu jako organu zapewniającego organizmowi stabilizację we współdziałaniu z korelatorem (mózgiem). Zdaniem autora, maszyny zbudowane na takiej samej zasadzie, czyli maszyny samodzielne (autonomy), będą zdolne do myślenia. Maszyny matematyczne i wszelkiego rodzaju automaty nie zawierają homeostatu i dlatego nie są maszynami myślącymi.

1. Wstęp

Czy maszyna może myśleć? albo ściślej: czy można zbudować maszynę myślącą?

Przed zajęciem stanowiska wobec tego zagadnienia trzeba odpowiedzieć na pytanie, czym właściwie jest myślenie? W wypowiedziach na temat perspektyw rozwojowych cybernetyki można się nieraz spotkać z poglądem, że zbudowanie maszyny myślącej jest z zasady niemożliwe. Niestety, autorzy takich wypowiedzi nie zadają sobie trudu sformułowania definicji myślenia, a niektórzy uważają nawet, że dążenie do tego prowadzioby jedynie na manowce sporów werbalistycznych.

Jest jednak oczywiste, że w każdym spornym zagadnieniu pojęcia będące przedmiotem sporu powinny być dokładnie zdefiniowane, jeśli się chce otrzymać jednoznaczne rozwiązanie zagadnienia. Ma to szczególnie doniosłe znaczenie dla omawianej tu problematyki. Psychologowie i fizjologowie wysuwają często zarzut, że cybernetycy popełniają nadużycie terminologiczne stosując w cybernetyce terminy wzięte z psychologii lub fizjologii i zmieniając ich znaczenie, wskutek czego dochodzą do fałszywych wniosków; jako przykład przytacza się, że „pamięć” w elektronicznych maszynach matematycznych jest nawet co do zasady bynajmniej nieidentyczna z pamięcią ludzką.

W niniejszej pracy postaramy się wprowadzić do zagadnienia cybernetycznego traktowania myślenia jednoznaczność terminologii oraz odpowiedzieć na postawione powyżej pytania.

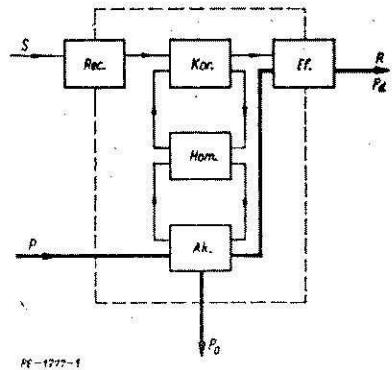
2. Obieg informacji w organizmie

W każdym organizmie występuje obieg informacyjny, który w ujęciu cybernetycznym daje się przedstawić na schemacie organizmu¹⁾ podanym na rys. 1.

Pojawiający się bodziec S zostaje wykryty przez рецепtoły (organy zmysłowe). Informacja o tym bodźcu zostaje przekazana do korelatora (mózgu), gdzie podlega ocenie. W wyniku zostaje skierowany rozkaz do efektorów (organów ruchowych), czego następstwem jest reakcja R.

Oprócz obiegu informacyjnego występuje obieg energetyczny. Organizm czerpie energię z otoczenia (czemu odpowiada pewna moc P) i gromadzi w akumulatorze (zespoły organów gromadzących energię). Część tej energii (moc jałowa P_d) odpływa od otoczenia i stanowi straty energii.

Rys. 1. Cybernetyczny schemat organizmu ludzkiego



Resztę (moc dyspozycyjną P_d) organizm zużywa na wprawianie w ruch efektorów.

Z korelatorem z jednej strony i akumulatorem z drugiej strony jest sprzężony homeostat (zespół wewnętrznych obiegów regulacyjnych organizmu, których zadaniem jest utrzymywanie stałosci temperatury, wilgotnosci, cisnienia itd.).

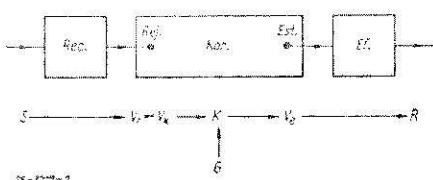
3. Korelacja w strukturach samosterownych

Ponieważ tematem naszych rozważań jest zagadnienie myślenia, a za siedlisko procesów myślenia uważa się powszechnie mózg, a więc organ będący korelatorem, zajmujemy się bliżej ogólnymi właściwościami korelatora. Jakkolwiek korelator jest przedstawiony na rys. 1 w sposób czysto schematyczny, to jednak — bez powoływania się na wiadomości o mózgu ludzkim znanie z fizjologii — daje wiele o nim powiedzieć. W tym celu możemy ograniczyć się do rozpatrywania obiegu informacyjnego (rys. 2). Jeśli chodzi o przenoszenie informacji o bodźcu

* Odczyt wygłoszony 25 października 1962 r. na VII Międzynarodowym Zjeździe w Iłmianie, powtórzony na Uniwersytecie w Lipsku, a następnie w Warszawie w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, Towarzystwie Naukowym Organizacji i Kierownictwa PAN oraz Związku Literatów Polskich. Opracowana przez autora cybernetyczna teoria myślenia, będąca tematem odczytu, stanowi fragment książki autora pt. „Cybernetyczna teoria charakteru”, przygotowanej do druku przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Tekst niemiecki odczytu ukazał się w „Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Iłmianie” w kwietniu 1963 r.

¹⁾ Por. M. Mazur, Kybernetische Probleme des Lebensablaufs (Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Iłmianie, 1961, z. 3), lub M. Mazur, Cybernetyczne zagadnienia przebiegu życia (Pomiary-Automatyka-Kontrola, 1963, z. 3).

wykrytym przez receptor, to można wyodrębnić ten informacyjny zaczynający się w receptorze a kończący się w jakimś punkcie korelatora; ten końcowy punkt będziemy nazywać rejestratorem. W istocie chodzi tu o organ, którego zadaniem jest rejestracja informacji. Ponadto droga, po której rozkaz dąży z korelatora do efektora, jest



Rys. 2. Korelacja w strukturach samosterownych

tem informacyjnym kończącym się w efektorze a zaczynającym się w jakimś punkcie korelatora; ten początkowy punkt będziemy nazywać estymatorem. Chodzi tu o organ, którego zadaniem jest estymacja, tj. ocena, czy reakcja powinna nastąpić czy nie.

Uwage naszą skierujemy przede wszystkim na procesy odbywające się między rejestratorem a estymatorem. Procesy te będziemy nazywać korelacją. Nie wydaje się możliwe badać korelator tylko na podstawie prostego schematu strukturalnego, a przecież cybernetyczny sposób traktowania pozwala znaleźć pewne punkty oparcia nie tylko dla rozpatrywania czynności mózgu ludzkiego, lecz także dowolnych korelatorów.

Przed wszystkim można powiedzieć, że jeżeli jakieś zjawisko fizyczne w jednym punkcie ma wywołać jakieś zjawisko fizyczne w innym punkcie, to między dwoma tymi punktami musi płynąć energia. Dlatego też w każdym korelatorze musi występować przepływ energii między rejestratorami a estymatorami. Z cybernetycznego punktu widzenia jest obojętne, czy to jest energia mechaniczna czy elektryczna czy jeszcze jakaś inna. Aby móc operować jednojętą terminologią, będziemy tą energię nazywać energią korelacyjną, ze względu na funkcje jaką ta energia spełnia. Stosunkiem energii korelacyjnej do czasu określa się moc korelacyjna K . Jeżeli energia ma przepływać pewną drogą, to na początku tej drogi musi występować pewna różnica potencjałów; będziemy ją nazywać potencjałem korelacyjnym V_k .

Środowisko, w którym płynie energia korelacyjna, będziemy nazywać środowiskiem korelacyjnym. Moc korelacyjna zależy oczywiście od przewodności tego środowiska, nazywanej przez nas przewodnością korelacyjną G .

Aby jakiś potencjał mógł powstać, potrzebny jest dopływ energii. Energia ta jest przenoszona przez bodziec z otoczenia, a następnie przenoszona poprzez receptor do rejestratora; wskutek tego powstaje w rejestratorze potencjał rejestracyjny V_r , który w rozważanym przez nas przypadku jest zażarem potencjałem korelacyjnym.

W każdym zjawisku fizycznym przeznaczona moc jest tym większa, im wyższy jest potencjał wywołujący przepływ energii i im większa jest przewodność środowiska, w którym przepływ energii odbywa się. Definiując przewodność korelacyjną jako stosunek mocy korelacyjnej do potencjału korelacyjnego²⁾

$$(1) \quad G = \frac{K}{V_k}$$

otrzymujemy wzór ogólny na moc korelacyjną

$$(2) \quad K = V_k G$$

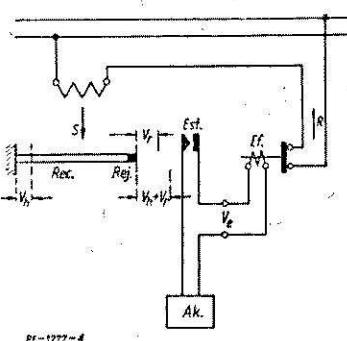
Dla przypadku

$$(3) \quad V_k = V_r$$

wzór (2) przybiera postać

$$(4) \quad K = V_r G$$

Na rys. 3 przedstawiono wykresową interpretację przebiegów korelacyjnych. Jeśli dla uproszczenia wykresów założyć, że bodziec wywołuje jednostajny wzrost potencjału rejestracyjnego V_r , to zależność tego potencjału od czasu $V_r = f(t)$ przedstawi się jako linia prosta (rys. 3a). Jeżeli przy tym przewodność korelacyjna jest stała i równa się G' (rys. 3b), to zależność $K = f(t) = V_r G'$ jest prostoliniowa. I wreszcie jeżeli założyć, że potencjał estymacyjny V_e jest



Rys. 4. Regulator temperatury jako korelator

proporcjonalny do mocy korelacyjnej K , to zależność $V_e = f(t)$ przedstawi się na wykresie jako linia prosta (I na rys. 3c).

Ogólnie biorąc potencjał decyzyjny V_d zostanie przekroczyony po pewnym czasie decyzyjnym t_d .

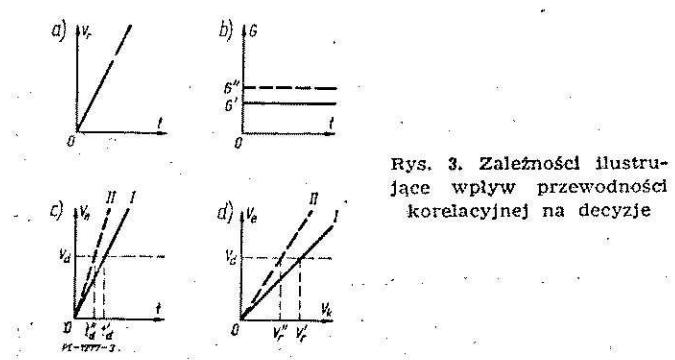
Na rys. 3c prosta I przecina prostą poziomą V_d , w punkcie odpowiadającym czasowi decyzyjnemu t_d , co oznacza, że dopiero po tym czasie efektor może spowodować reakcję.

Funkcje $V_e = f(t)$ i $V_r = f(t)$ można ze sobą powiązać przez eliminację czasu t , skąd otrzymuje się funkcję $V_e = f(V_r)$, albo — po uwzględnieniu wzoru (3) — funkcję $V_e = f(V_k)$ (krzywa I na rys. 3d). Aby reakcja mogła powstać, potrzebny jest potencjał rejestracyjny V'_r .

Jeżeli moc korelacyjna nie wywiera praktycznie wpływu na przewodność korelacyjną, to reakcje na wielokrotnie powtarzany taki sam bodziec będą powstawać po takim samym czasie decyzyjnym, jak się to dzieje w prostych automatach; automaty te nie gromadzą żadnych doświadczeń.

Natomiast jeżeli wcześniejsze doświadczenia mają być wykorzystywane, to przewodność korelacyjna powinna wzrastać po każdym przebiegu korelacyjnym. Na tym właśnie polega rejestracja informacji w korelatorze.

Przypuszcmy, że po pierwszym bodźcu przewodność korelacyjna wzrosła z wartości G' do wartości G'' (rys. 3b). Jeżeli teraz nadjdzie powtórny bodziec, identyczny z pierw-



Rys. 3. Zależności ilustrujące wpływ przewodności korelacyjnej na decyzję

Gdy energia korelacyjna dopływa do estymatora, wówczas powstaje w nim potencjał estymacyjny V_e . Do uruchomienia efektora konieczne jest przekroczenie pewnej wartości progowej tego potencjału, którą będziemy nazywać potencjałem decyzyjnym V_d . Przekroczenie potencjału decyzyjnego będziemy nazywać decyzją.

²⁾ We wszystkich dziedzinach nauki przewodność określa się jako stosunek mocy do potencjału (różnicy potencjałów), z wyjątkiem elektryki, gdzie zamiast mocy występuje prąd elektryczny. Wskutek utrzymywania się tradycji związanej ze sformułowaniem prawa Ohma w czasach, gdy zamiast o przepływie energii elektrycznej w stosunku do czasu mówiło się o przepływie „elektryczności” (ładunków elektrycznych) w stosunku do czasu.

szym, to moc korelacyjna będzie mieć wartość $K = V_e G'$, a przebieg funkcji $V_e = f(t)$ będzie bardziej stromy (prosta II na rys. 3c) niż poprzednio, co oznacza, że reakcja na powtórny bodziec nastąpi po krótszym czasie decyzyjnym t_d'' .

Z takich samych przyczyn bardziej stromy będzie również przebieg funkcji $V_e = f(V_k)$ (prosta II na rys. 3d), co oznacza, że do wywołania reakcji na powtórny bodziec potrzebny jest mniejszy potencjał rejestracyjny V_k'' . Inaczej mówiąc, przy powtarzaniu się bodźców dalsze bodziec mogą być coraz słabsze, a pomimo tego wywoływać reakcję.

4. Człowiek a regulator techniczny

Omówione powyżej przebiegi korelacyjne zilustrujemy pogłówno za pomocą przykładu. Rys. 4 przedstawia schematycznie prosty regulator techniczny, a mianowicie dylatacyjny regulator temperatury. W opisie tego regulatora terminy techniczne skojarzymy z terminami cybernetycznymi.

Z sieci elektrycznej zasilany jest grzejnik, wskutek czego wzrasta temperatura otoczenia grzejnika (pojawia się wzrost temperatury). Pod wpływem wzrostu temperatury pręt dylatacyjny wydłuża się (bodziec zostaje wykryty przez receptor). Nasadka (rejestrator), która zakończony jest ten pręt, przesuwa się (rejestracja bodźca) w prawo, a więc wzrasta jej odległość (potencjał rejestracyjny) od położenia pierwotnego. Przy dostatecznie dużym przesunięciu nasadki zestyk (estymator) będzie coraz silniej dociskany (estymacja). Wyłącznik (efektor) zacznie być zasilany przez akumulator, przy czym napięcie na zaciskach wyłącznika (potencjał estymacyjny) będzie wzrastać od zera do pełnej wartości napięcia akumulatora. W pewnej chwili (czas decyzyjny) napięcie wyłącznika (potencjał decyzyjny) zostanie przekroczone (decyzja), wskutek czego nastąpi włączenie grzejnika (reakcja).

W tym stanie ciepło przestanie się wytwarzanie, pręt dylatacyjny będzie się kurczyć, zestyk otworzy się, wobec czego nastąpi ponowne włączenie grzejnika. Cały cykl będzie się powtarzać.

Wykres na rys. 5 przedstawia przebieg potencjału estymacyjnego w zależności od potencjału korelacyjnego dla omawianego regulatora. Dopóki odległość między nasadką a zestykiem jest duża, przewodność korelacyjna pozostaje równa zeru, ponieważ energia mechaniczna nie może przekonać się z pręta dylatacyjnego do zestyku; wskutek tego moc korelacyjna i potencjał estymacyjny są również równe zeru. Gdy jednak styki zestyku zaczyna się ze sobą stykać, wówczas popłynie między nimi prąd, a na wyłączniku pojawi się napięcie przenoszone z akumulatora i będzie wzrastać, aż zostanie przekroczone wartość progowa, co odpowiada pojęciu decyzji.

Podobnie jak regulator techniczny człowiek również może przejawiać działanie zmierzające do utrzymania stałości temperatury w jego otoczeniu. Przypuśćmy, że pewien człowiek

istotne terminy dotyczące opisanego zachowania się regulatora technicznego i człowieka są zestawione w tabl. I. Przy rozpatrywaniu regulatora i człowieka jako układów cybernetycznych zachowanie ich daje się, jak widzieliśmy, opisać takimi samymi terminami cybernetycznymi; terminy te również zostały podane w tabl. I.

Tabela I. Techniczne, fizjologiczne i cybernetyczne terminy dotyczące zachowania się regulatora technicznego i człowieka przy regulacji temperatury otoczenia

Regulator	Człowiek	Układ cybernetyczny
Wzrost temperatury	Wzrost temperatury	Bodziec
Czujnik temperatury w postaci pręta dylatacyjnego	Nerwy sensoryczne	Receptor
Wydłużenie pręta dylatacyjnego	Pobudzenie nerwów sensorycznych	Wykrycie bodźca
Nasadka	Zakończenie nerwów sensorycznych w mózgu	Rejestrator
Przesunięcie nasadki	Pobudzenie zakończeń nerwów sensorycznych w mózgu	Rejestracja
Zestyk	Zakończenie nerwów motorycznych w mózgu	Estymator
Wzrost napięcia na wyłączniku	Pobudzenie zakończeń nerwów motorycznych w mózgu	Estymacja
Przekroczenie wartości progowej napięcia	Przekroczenie progu pobudzenia	Decyzja
Wyłącznik	Ręka	Efektor
Wylączanie grzejnika	Odsunięcie grzejnika	Reakcja

Na pytanie, czy opisane procesy zachodzące w mózgu ludzkim są procesami myślenia, prawdopodobnie każdy czytelnik dałby odpowiedź twierdzącą. Skoro tak, to natuwa się pytanie, czy i procesy zachodzące w regulatorze technicznym są procesami myślenia. Są one przecież, z cybernetycznego punktu widzenia, identyczne z procesami w mózgu ludzkim...

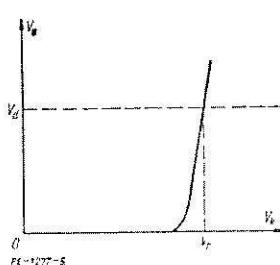
Aby móc odpowiedzieć na to pytanie, musimy wprowadzić pewne nowe pojęcie, odgrywające w procesach korelacyjnych nader istotną rolę.

5. Korelacja w strukturach samodzielnich

Jak wiadomo, zadaniem regulatora technicznego jest utrzymywanie stałej wartości określonej wielkości fizycznej. Przypuśćmy, że przez regulator temperatury (rys. 4) jest utrzymywana stała temperatura 200°C . Regulator przeciwstawia się zmianom temperatury zarówno w dół, jak i w góry od powyższej wartości.

Nasuwa się tu pytanie, dlaczego właściwie regulator ten utrzymuje temperaturę 200°C a nie np. 100 lub 300°C . Rzeczą jasna, ponieważ odpowiednio do tego został zbudowany. Znaczy to, że regulator zbudowany na określoną temperaturę nadaje się do zastosowania tylko tam, gdzie temperaturę takiej wymaga użytkownik regulatora. Gdyby wymagana była inna temperatura, to trzeba byłoby zastosować inny regulator. Jeśli się chce uniknąć wymiany regulatora, to należy użyć regulatora, w którego budowie możliwe jest dokonywanie pewnych zmian, a mianowicie regulatora nastawnego. W przemyśle uzyskuje się nastawność przez zainstalowanie śruby nastawowej, za pomocą której można wzajemnie zbliżyć lub oddalić styki zestyku; dzięki temu przyspiesza się lub opóźnia zamknięcie bądź otwarcie zestyku.

W tym samym celu można by również dobrze — abstrahując od dogodności praktycznego wykonania — nastawne początkowe położenie pręta dylatacyjnego. Chodzi jedynie

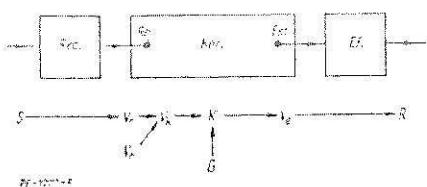


Rys. 5. Przebieg estymacji w przykładowym regulatorze temperatury

wiek znajduje się w pobliżu grzejnika. Jeżeli temperatura wzrośnie nadmiernie, to wzrost temperatury (bodziec) zostanie wykryty przez nerwy sensoryczne na skórze człowieka (receptory), wskutek czego zakończenia nerwów sensorycznych (rejestratory) w mózgu (korelatorze) zostaną pobudzone (rejestracja). W konsekwencji zakończenia nerwów motorycznych (estymatory) w mózgu zostaną również pobudzone (estymacja). Jeśli przy tym próg pobudzenia (potencjał decyzyjny) zostanie przekroczone (decyzja), to ręka (efektor) wykona ruch odsuwający grzejnik (reakcja), dzięki czemu nadmierna temperatura w otoczeniu człowieka zostanie obniżona.

o dodatkowe przesunięcie, które zatrzymuje się z wydłużeniem pręta i przez to wpływa na odległość między miadką a węzkiem (rys. 4).

Traktując sygnał cybernetycznie, chodzi o dodanie do potencjału rejestracyjnego V_r pewnego dodatkowego potencjału, który będziemy nazywać potencjałem refleksyjnym V_h . A zatem w ogólnym przypadku potencjał



Rys. 6. Korelacja w strukturach samodzielnych

korelacyjny jest sumą potencjału refleksyjnego i potencjału rejestracyjnego

$$(5) \quad V_k = V_h + V_r$$

Zgodnie z tym wzór (2) przybierze postać

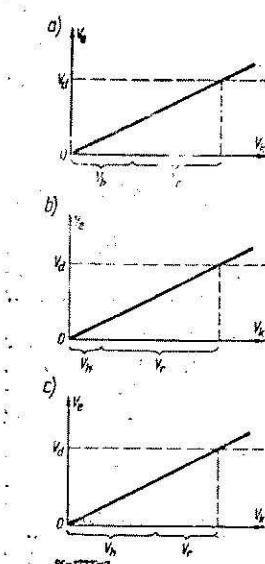
$$(6) \quad K = (V_h + V_r) G$$

Wielkości korelacyjne zaznaczone na rys. 2 trzeba więc uzupełnić potencjałem refleksyjnym (rys. 6).

Rolę potencjału refleksyjnego objaśnia rys. 7. Aby decyzja mogła powstać, potencjał korelacyjny — zgodnie ze wzorem (5) — musi być dostatecznie duży (rys. 7a). Przy mniejszym potencjałe refleksyjnym potencjał rejestracyjny musi być większy, co oznacza, że do spowodowania niepożądanej decyzji potrzebny jest silniejszy bodziec (rys. 7b). Przeciwnie, przy większym potencjałe refleksyjnym wystarcza mniejszy potencjał rejestracyjny — pożądaną decyzję może spowodować również słabszy bodziec (rys. 7c).

Przy stałym potencjałe rejestracyjnym decyzja zależy od potencjału refleksyjnego, jak to ilustruje rys. 8. Przy dużym potencjałe refleksyjnym potencjał korelacyjny jest wystarczający do spowodowania decyzji (rys. 8a). Przy mniejszym potencjałe refleksyjnym potencjał korelacyjny może się okazać tak mały, że potencjał decyzyjny nie zostanie w ogóle osiągnięty, a więc decyzja nie nastąpi (rys. 8b). Jak widać, od potencjału refleksyjnego zależy, czy ten sam bodziec wywoła reakcję czy nie.

Potencjał refleksyjny stanowi istotne kryterium rozróżnienia decyzji pożądanych i niepożądanych. Nasuwa się w



Rys. 7. Wykresy ilustrujące wspólną zależność potencjału refleksyjnego i potencjału rejestracyjnego przy stałym potencjałe korelacyjnym

związkę z tym pytanie, skąd bierze się potencjał refleksyjny.

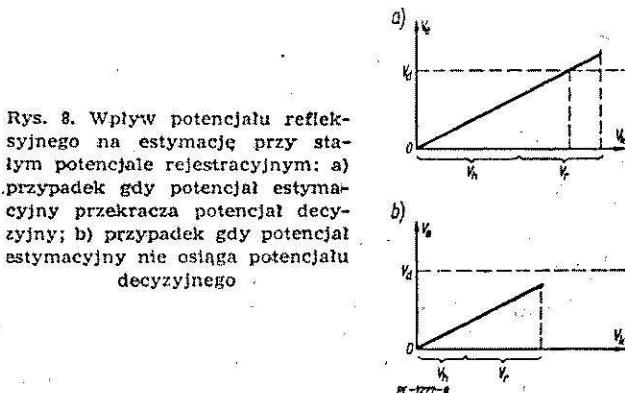
W regulatorze potencjał refleksyjny jest wprowadzany przez użytkownika, a więc przez człowieka nastawiającego regulator. Regulator techniczny stanowi organizację, której

cegar interesem jest człowiek, wywiązający na nie w swoim własnym interesie pracę wprowadzanie potencjału refleksyjnego.

Okazaliśmy powyżej, że z cybernetycznego punktu widzenia człowiek może działać dokładnie tak samo, jak regulator techniczny (tabl. I). Skąd człowiek otrzymuje potencjał refleksyjny? Organizm ludzki jest organizacją, sterującą się w jej własnym interesie, a więc będącą jej własnym organizatorem. Wobec tego organizm ludzki musi zawierać własne źródło potencjału refleksyjnego. Źródłem tym jest homeostat jako organ dający do utrzymywania wymaganych parametrów równowagi fizjologicznej.

Regulator techniczny jest strukturą samosterowną i wymaga zawsze udziału człowieka do określania, co jest „dobrze” a co „złe”. Człowiek (i każdy w ogóle organizm) jest strukturą samodzielnią, która sama określa, co jest „dobrze” a co „złe”. Istotna różnica między strukturami samosterownymi i samodzielnymi polega na tym, że struktury samodzielne są wyposażone we własny homeostat, podczas gdy struktury samosterowne wymagają interwencji jakiegoś homeostatu z zewnątrz. Jeśli maszyna samosterowna (automat) wyposażona jest w homeostat, to będzie ona maszyną samodzielną (autonomem).

W strukturach samosterownych (automatach) moc korelacyjna — zgodnie ze wzorem (4) — a więc i decyzja, zależy tylko od potencjału rejestracyjnego i przewodności korelacyjnej; przy danej przewodności korelacyjnej istnieje związek między bodźcem a reakcją. W strukturach samodzielnych (organizmach i autonomach) dochodzi jeszcze trzeci



czynnik, a mianowicie potencjał refleksyjny — wzór (6) — którego wpływ sprawia, że między bodźcem a reakcją nie ma jednoznaczności — takie same bodźce mogą wywoływać różne reakcje.

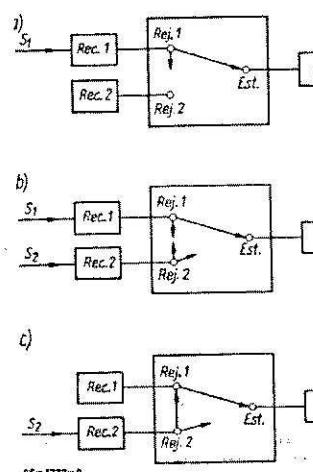
6. Cybernetyczna interpretacja procesów psychicznych

Rozpatrywany przez nas regulator techniczny zawierał tylko dwa elementy korelacyjne: jeden rejestrator i jeden estymator, jest to więc korelator możliwie najprostszy. Zaden korelator nie może zawierać mniej elementów korelacyjnych. Gdyby ograniczyć się tylko do jednego, to nie byłby to już korelator, gdyż do procesów korelacji potrzebny jest co najmniej jeden rejestrator i jeden estymator. Jeżeli pozostawić tylko rejestrator, to otrzymuje się układ receptor-rejestrator (do tej grupy należą w technice mierzące i sygnalizatory), a jeżeli pozostawić tylko estymator, to otrzymuje się układ estymator-efektor (do tej grupy należą w technice nastawniki, wylączniki, zawory itp.).

Liczba elementów korelacyjnych w mózgu ludzkim jest oceniana na ok. 15 miliardów. Względem regulatora technicznego różnica jest czysto ilościowa. Będzie nas tu interesować nie tyle wielkość liczby tych elementów, ile okoliczność, że liczba ta jest większa niż 2, ponieważ dzięki temu energia korelacyjna może być przenoszona na różnych drogach.

Weźmy pod uwagę korelator zawierający dwa rejestratory i jeden estymator (rys. 9). Przypuśćmy, że wskutek wcześniejszych procesów korelacyjnych przewodność korelacyjna drogi Rej.1-Est. jest zwiększoną. Jeżeli w tym stanie pojawi się bodziec S_1 , to moc korelacyjna może być wystarczająco duża do spowodowania decyzji, a następnie reakcji R (rys. 9a). Energia korelacyjna popłynie we wszystkich kierunkach, a więc również w kierunku Rej.2, wskutek

czego przewodność korelacyjna tej drogi wzrośnie. Przypuśćmy następnie (rys. 9b), że po pewnym czasie bodziec S_1 znów się pojawi, tym razem jednak wraz z bodźcem S_2 . Wobec dużej przewodności korelacyjnej drogi $Rej.1-Est.$ bodziec S_1 znów spowoduje reakcję R . Podobnie jak po-



Rys. 9. Stadia powstawania skojarzeń

przednio przewodność korelacyjna drogi $Rej.1-Rej.2$ jeszcze bardziej wzrośnie. Bodziec S_2 sprawi ze swojej strony, że energia korelacyjna popłynie z $Rej.2$ we wszystkich kierunkach, a więc także w kierunku do $Est.$ i do $Rej.1$, wskutek czego wzrośnie przewodność korelacyjna dróg $Rej.2-Est.$ oraz $Rej.2-Rej.1$. Jak widać, występuje tu współdziałanie obu bodźców, przyczyniające się do zwiększenia przewodności korelacyjnej drogi $Rej.1-Rej.2$. Obecnie rozpatrzmy trzecią chwilę (rys. 9c), gdy bodziec S_2 ponownie się pojawi, lecz bez bodźca S_1 . Wówczas energia korelacyjna popłynie najpierw w kierunku $Rej.2-Rej.1$, potem zaś dalej w kierunku $Rej.1-Est.$, powodując reakcję R . Mamy tu więc cybernetyczne wyjaśnienie mechanizmu tzw. „odruchów warunkowych”. Ogólnie biorąc, w opisany sposób powstają skojarzenia między różnymi bodźcami i reakcjami.

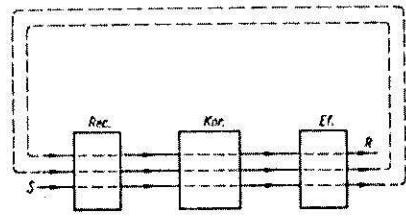
Do prawidłowej interpretacji działania mózgu jako układu cybernetycznego trzeba mieć na uwadze sprzężenie homeostatu z korelatoratem (rys. 10). Dla uproszczenia rysunku objęto oznaczeniami „Rec.”, „Rej.”, „Est.” i „Ef.” kompletne grupy odpowiednich organów (a nie poszczególne organy jak na rys. 9).

Przypuśćmy, że w pewnej chwili pojawia się grupa bodźców nigdy przedtem nie doznawanych. Zostanie ona wykryta przez grupę odpowiednich receptorów, wskutek czego w korelatorze powstanie pole potencjału rejestracyjnego

już wcześniej, a więc gdy środowisko korelacyjne ma już za sobą pod tym względem pewną „historię”. Każdy z takich bodźców złożonych przyczynił się uprzednio do zwiększenia przewodności korekcyjnej rozmaitych dróg przepływu. Jeżeli w tym stanie pojawi się następny bodziec, to energia korelacyjna będzie się rozpylać również i po dawnych, wcześniej ukształtowanych drogach. Do wrażenia ostatniego bodźca dołączają się wcześniejsze skojarzenia, dzięki czemu powstaje „wyobrażenie”. Jeżeli np. widzieliśmy wielokrotnie rozmaitą cytrynę (żółte, soczyste, przekrajane itp.), to wrażenie żółtej plamy zostanie wzbogacone powstającymi wcześniej skojarzeniami (smak cytryny, zapach itd.), dzięki czemu wyobrażamy sobie cytrynę „w ogóle”, a więc więcej niż obejmuję wrażenie aktualnie widzianej konkretnej cytryny. Również i wyobrażeniu odpowiada przepływ energii korelacyjnej, który jednak — w odróżnieniu od przepływu energii korelacyjnej przy samym tylko wrażeniu — jest zmodyfikowany przez zwiększone przewodności korekcyjne rozmaitych dróg przepływu.

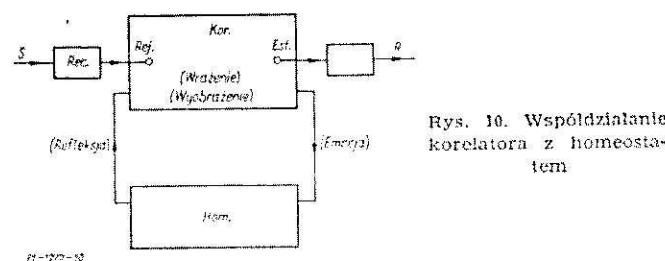
Gdy moc korelacyjna, odpowiadająca określonymu wyobrażeniu, będzie dostatecznie duża, to nastąpi przekroczenie potencjału decyzyjnego w określonych estymatorach wywołując reakcję powiązanych z nimi efektorów.

Ponadto wyobrażenia w korelatorze wywierają wpływ na homeostat; wpływ ten odpowiada pojęciu „emocji”. Ponieważ homeostat dąży do utrzymywania równowagi fizjologicznej organizmu, przy czym organizm nigdy nie znajduje się w stanie równowagi, gdyż stan ten jest stale zakłócanego przez czynniki wewnętrzne i zewnętrzne, więc może okazać się, że jakieś właśnie powstałe wyobrażenie przyczynia



Rys. 11. Korelacja w obiegu reakcyjnym

PL-1277-11



Rys. 10. Współdziałanie korelatora z homeostatem

nego obejmującą odpowiednią grupę rejestratorów. Pole to wywoła rozpływ mocy korelacyjnej w środowisku korelacyjnym, przyczyniający się do zwiększenia przewodności korelacyjnej określonych dróg przepływu, co stanowi rejestrację informacji o grupie doznawanych bodźców. Zjawisko przepływu energii korelacyjnej wywołanego przez pole potencjału rejestracyjnego ma cechy pojęcia określonego w psychologii jako „wrażenie”. Z ustaniem bodźca znika również wrażenie bodźca, ponieważ energia korelacyjna przestaje płynąć. Każde wrażenie jest związane tylko z tymi rejestratorami, które zostały pobudzone przez receptory. Dlatego też widzimy np. cytrynę nimmy tylko wrażenie ogólniej żółtej plamy.

Sprawa przedstawia się jednak, gdy wiele pod korekcyjnym doznawanych (np. bodźców) będą doznawanych

się do przywracania równowagi lub mu przeciwdziała. Homeostat reaguje na to zmieniając potencjał refleksyjny; w taki sposób powstaje „refleksja”. Gdy wyobrażenie pomaga przywracaniu równowagi, wówczas homeostat zwiększa potencjał refleksyjny i w ten sposób wspiera przebiegi odbywające się w korelatorze. Ze wzrostem potencjału refleksyjnego wzrasta moc korelacyjna, co prowadzi do przyspieszenia decyzji i reakcji. Natomiast gdy wyobrażenie jeszcze bardziej zakłocha równowagę organizmu, wówczas homeostat przeciwstawia się temu zmniejszając potencjał refleksyjny; wskutek tego moc korelacyjna maleje, a decyzja odwlekła się lub nawet w ogóle nie będzie mogła nastąpić.

Jak to uwidoczniło się na rys. 10, działanie korelatora występuje w dwóch obiegach sprzężenia zwrotnego, a mianowicie w obiegu otoczenie — korelator (otoczenie) — bodziec — rejestracja — wrażenie — wyobrażenie — estymacja — decyzja — reakcja — otoczenie oraz w obiegu korelator — homeostat (wyobrażenie — emocja — refleksja — wyobrażenie).

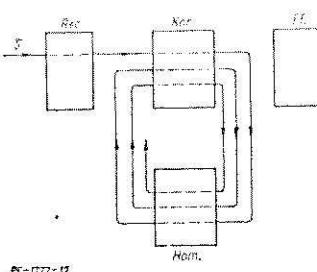
7. Obiegi korelacyjne

W dotychczasowych rozwiązańach ograniczyliśmy się do jednorazowych przebiegów korelacyjnych. Warto jednak wiedzieć, co się dzieje, gdy wiele przebiegów korelacyjnych następuje po sobie. Wśród obiegów korelacyjnych, które przy tym powstają, można wyróżnić dwa przypadki skrajne.

Jak już powyżej wspomnialiśmy, wyobrażenia mogą wywoływać zarówno reakcję, jak i refleksję. Każdy z tych dwóch procesów odbywa się z określona szybkością, jest przy tym bardziej nieobojętnie, czy szybciej nastąpi reakcja czy też refleksja.

Na rys. 11 jest przedstawiony przykład, gdy reakcja wypredowała refleksję. Reakcja spowodowana przez pewien

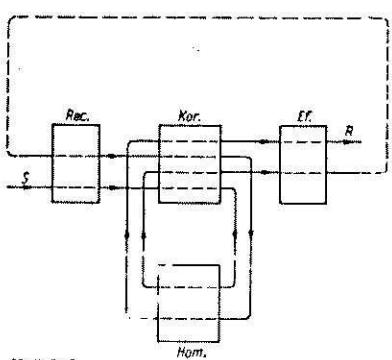
bodzec wywołuje zmianę w otoczeniu. Oddziaływanie nowego stanu otoczenia na organizm stanoi nowy bodzec, który powoduje nową reakcję itd. W ten sposób powstaje obieg koreacyjny, który będziemy nazywać obiegiem reakcyjnym. Obieg reakcyjny odbywa się bez udziału homeostatu.



Rys. 12. Korelacja w obiegu refleksjnym

Na rys. 12 jest przedstawiony przypadek przeciwny, tj. gdy refleksja wyprzedza reakcję. Jeżeli w wyniku refleksji potencjal refleksjny zostanie zmniejszony, to zmalała moc koreacyjna i potencjal estymacyjny, wobec czego reakcja nie może powstać. Zmiana potencjalu refleksjnego wpływa na rozpływ mocy koreacyjnej, co jest równoznaczne z wystąpieniem nowego wyobrażenia. To nowe wyobrażenie wywołuje nową emocję i nową refleksję, w wyniku czego powstaje jeszcze inne wyobrażenie itd. W ten sposób powstaje obieg koreacyjny, który będziemy nazywać obiegiem refleksjnym. Odbywa się on bez udziału efektorów, a w konsekwencji bez udziału otoczenia.

Możliwe są również obiegi refleksjno-reakcyjne, będące kombinacjami tych dwóch obiegów szczególnych. Na rys. 13 przedstawiono przykład, gdy korelacja odbywa się najpierw w obiegu refleksjnym, potem w obiegu reakcyjnym, następnie znów w obiegu refleksjnym. Oczywiście, może się też zdarzyć, że obieg reakcyjny następuje po kilku obiegach refleksjnych lub obieg refleksjny po kilku obiegach reakcyjnych.



Rys. 13. Korelacja w obiegu refleksjno-reakcyjnym

8. Myślenie organizmu i maszyny

Na początku niniejszej publikacji przyrzekliśmy czytelnikom wyjaśnić zagadnienie myślenia. Zamiast tego mówiliśmy wiele o „korelacji”, a nie było to bez przyczyny.

Wyraz „myślenie” pochodzi z języka potocznego i wskutek tego jest obciążony rozmaitymi przyczynami, jak choćby np., że do myślenia zdolny jest tylko człowiek. Ogół poprzestaje na intuicyjnym rozumieniu tego wyrazu, co zresztą w praktyce życia codziennego okazuje się wystarczające.

Sprawa wygląda jednak inaczej, gdy traktuje się zagadnienie myślenia w sposób zasadniczy. Jeżeli cybernetycy zechcą budować maszyny myślące, to przecież muszą sobie dobrze zdawać sprawę z kryteriów, które pozwolą im działanie tych maszyn określić jako myślenie. Podobnie, jeżeli oponenci zechcą twierdzić, że działanie to nie jest myśleniem, to muszą liczyć się z koniecznością udzielenia odpowiedzi na pytanie, po czym to rozpoznali. Do udzielenia odpowiedzi na takie pytanie definicja myślenia jest niezbędna. Z intuicyjnym rozumieniem tego pojęcia nie dojdzie się nigdzie.

Illa cybernetyka każdy proces zachowania się, a więc również myślenia, musi dać się objaśnić za pomocą pojęć z kresu sterowania. Sądzimy, że przez wprowadzenie wielkości i przebiegów koreacyjnych stworzyliśmy środki przydatne do tych celów. Można posługiwać się nimi nie używając w ogóle wyrazu „myślenie”. Jeśli jednak konieczne jest na używanie tego wyrazu w rozważaniach nad działalnością informacyjną organizmu ludzkiego, to musi on zdecydować się, jakie znaczenie przypisuje temu wyrazowi z punktu widzenia pojęć sterowniczych.

Jeśli ktoś powie np., że uważa myślenie za identyczne z korelacją, to musi wyciągnąć z tego wszelkie konsekwencje, spośród których jako pierwszą można wymienić, że regulator temperatury jest urządzeniem myślącym, jako że działanie jego polega na korelacji.

Z punktu widzenia zgodności z przyczynami językowymi o wiele słuszniej wydaje się zdefiniować myślenie jako korelację w obiegu refleksjnym. W tym przypadku regulator temperatury nie jest urządzeniem myślącym, ponieważ jego zachowanie się jest tylko korelacja w obiegu reakcyjnym. Również i regulowanie temperatury przez człowieka nie jest procesem, dopóki chodzi o czysto odruchowe działanie (w praktyce takie czysto odruchowe działanie u człowieka występuje rzadko, każda bowiem emocja skierowuje korelację na obieg refleksjny, wskutek czego otrzymuje się obieg mieszany, reakcyjno-refleksjny, np. jak na rys. 13). Definicja itaka odpowiada rozpowszechnionemu przekonaniu, że refleksja jest istotnym czynnikiem myślenia. Do powstawania refleksji konieczne jest powiązanie między korelatorem i homeostatem, a zatem człowiek może myśleć tylko wtedy, gdy to powiązanie istnieje. W razie jego przerwania (jak np. podczas głębokiego snu lub omdlenia, gdy potencjal refleksjny jest tak dalece zmniejszony, że energia koreacyjna nie może płynąć nawet przy pojawienniu się jakichś bodźców) myślenie ustaje. Na tej podstawie można by również wyjaśnić pojęcie świadomości jako stanu istnienia powiązania między korelatorem i homeostatem. Na czas przerwy w tym powiązaniu znika świadomość, chociaż organizm utrzymuje się przy użyciu dzięki nieustannej działalności homeostatu. Jeśli zgodzić się z podaną tu definicją myślenia, to w konsekwencji trzeba się zgodzić z tym, że także zwierzęta są istotami myślącymi i mają świadomość.

Gdyby ktoś, chcąc zaszczerzyc zdolność myślenia tylko dla człowieka, zmodyfikował powyższą definicję żądaniem dostatecznie dużej złożoności wyobrażeń, to byłoby to równoznaczne z żądaniem dostatecznie dużej liczby elementów koreacyjnych. Zmodyfikowana w ten sposób definicja wyłączyłaby zwierzęta spośród struktur zdolnych do myślenia, ale nie wyłączyłaby maszyn samodzielnych o odpowiednio dużej liczbie elementów koreacyjnych.

Rzecz jasna, wszystkie te warianty definicyjne w niczym nie mogłyby zmienić rzeczywistości. Dla cybernetyka jest bezprzedmiotowe, który spośród przebiegów koreacyjnych mały być określany jako „myślenie”, jest to bowiem czysto terminologiczny. Chodzi jedynie o to, żeby ci, którzy wypowiadają się przeciw możliwości budowy maszyn myślących, wyraźnie zdecydowali się, przeciw czemu właściwie protestują.

Jedno jest jasne: bez współdziałania homeostatu nie ma myślenia (jeśli za myślenie uważać korelację w obiegu refleksjnym a nie wszelką korelację). Stwierdzenie to ma rozstrzygające znaczenie dla zagadnienia maszyn myślących. Maszyna może być wyposażona w wielką liczbę elementów koreacyjnych, z jaką np. można spotkać się w nowoczesnych cyfrowych maszynach matematycznych, a mimo to być zdolna tylko do korelacji w obiegu reakcyjnym, dopóki nie zostanie wyposażona we własny homeostat jako źródło potencjału refleksjnego. Pozostanie ona zawsze tylko automatem, choćby nawet o wysokim stopniu automatyzmu. Dopóki maszyna nie ma własnego homeostatu, musi w jej działaniu interweniować człowiek ze swoim homeostatem. Tej okoliczności zawdzięcza się, że automaty funkcjonują w interesie człowieka. Gdyby maszyna miała być zdolna do korelacji w obiegu refleksjnym (a więc do myślenia), to musiałaby być wyposażona we własny homeostat, który przez wprowadzenie potencjału refleksjnego wpływałby na działanie korelatora na rzecz maszyny. Byłyby to maszyna samodzielna (autonom), działająca w swoim własnym interesie, a nie w interesie człowieka.

Na koniec nasuwa się pytanie, czy samodzielne (a więc myślące) maszyny mogłyby być użyteczne dla człowieka. Odpowiedź jest twierdząca i bardzo łatwa do uzasadnienia. Istnieją przecież zwierzęta użyteczne dla człowieka, mimo że z cybernetycznego punktu widzenia są strukturami samodzielnymi. Każda krowa daje mleko dla swego ciełecia a nie dla człowieka, a przecież człowiek nie żałuje sobie z tym radzi. Gdy dojdzie do konstruowania maszyn samodzielnych, wystarczy zadbać o to, żeby interes maszyny był zbieżny z interesem człowieka.

Кибернетические проблемы мышления

Резюмо

В статье излагаются основные положения разработанной автором кибернетической теории мышления. Введя понятие коррелятора как органа, посредством которого производится корреляция то есть переработка информации между рецепторами и эффекторами, автор анализирует взаимное соотношение корреляционного потенциала, корреляционной мощности и корреляционной проводности. Итоги анализа дают возможность объяснить такие явления, как впечатление, воображение, эмоции, рефлексия, сознание и т.п. Мысление определяется как корреляция в рефлексионной цепи. Сравнивая поведение технического регулятора и человеческого организма с точки зрения корреляции, автор доказывает, что способность к мышлению у человека воз-

никает, с начала существования гомеостата, как органа, обеспечивающего организму стабилизацию во взаимодействии с коррелятором (мозгом). Способностью к мышлению, по мнению автора, будут обладать также и самостоятельные машины (автономы), построенные по тому же принципу. Вычислительные машины и всякого рода автоматы лишены гомеостата, и поэтому у них нет способности к мышлению.

Cybernetic Problems of Thinking

Summary

The paper contains the fundamentals of the cybernetic theory of thinking worked out by the author. Introducing the concept of the correlator as an organ for correlation, i. e., for transformation of the informations between the receptors and the effectors, the author analyses mutual relations between correlation potential, correlation power and correlation conductance. The results of the analysis make it possible to explain such phenomena as impression, imagination, emotion, reflexion, consciousness, etc. Thinking is defined as a correlation in the reflexion circuit. Comparing the behaviour of technical regulator and human organism from the point of view of correlation the author demonstrates that the human ability of thinking results from the existence of the homeostat as an organ responsible for the stability of organism in cooperation with the correlator (brain). In the author's opinion the machines built on the same principle, i. e. the autonomous machines (autonoms), can think too. Computers and automata of any kind do not incorporate a homeostat and they are therefore not thinking machines.