

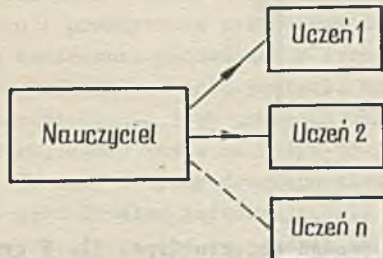
STANISŁAWA KOTYSZ-MARCZAK

Doświadczalny Ośrodek Elektronicznych Maszyn Dydaktycznych

## CYBERNETYCZNE PODSTAWY NAUCZANIA PROGRAMOWANEGO

**Streszczenie.** Rozwój nowoczesnych nauk, a wśród nich cybernetyki, nasuwa konieczność zastosowania metod sterowania i regulacji do procesu nauczania. W artykule przedstawiono próbę analizy nauczania programowanego jako jednej z metod nauczania, silnie akcentując te elementy, które można opisać terminologią cybernetyczną.

Każdy proces nauczania można rozpatrywać jako proces sterowania. Sterowanie to wywieranie pożądanego wpływu na dowolne zjawiska. Na tej zasadzie prowadzi się obecnie badania, które stawiają sobie za cel zastosowanie rozwijających się w ramach cybernetyki pojęć, metod oraz teorii odno-

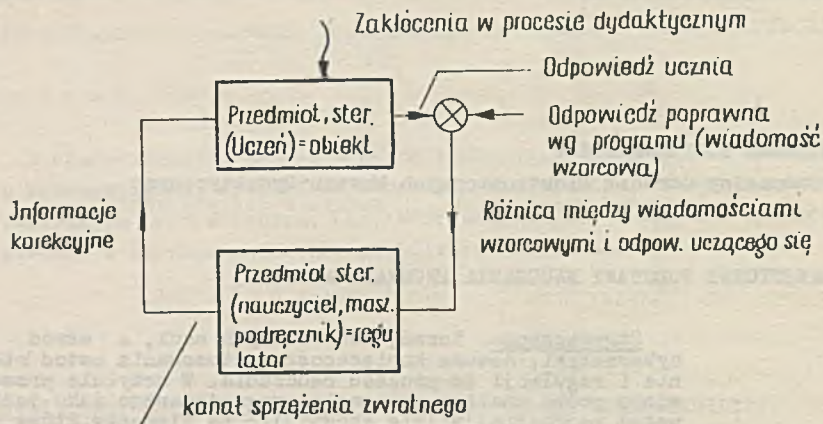


Rys. 1

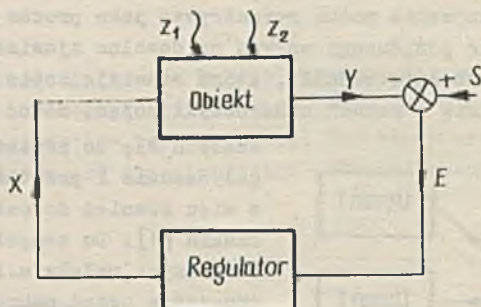
szących się do procesów percepcji, magazynowania i przetwarzania informacji a więc również do całego procesu nauczania [1]. Do zespołu tych zagadnień badawczych należy m.in. owa metoda nauczania zwana nauczaniem programowanym, problematyka maszynowego egzaminowania itp. Klasyczne, tradycyjne metody nauczania stosowane powszechnie do chwili obecnej polegają na stosowaniu jednokierunkowego kanału przekazywania informacji od "nauczyciela" do "ucz-

nia" (rys. 1). Z punktu widzenia cybernetyki i teorii informacji taki układ oddziaływania - podmiotu sterowania, czyli nauczyciela na przedmiot sterowania, czyli na ucznia - jest układem otwartym, bez sprzężenia zwrotnego. Z punktu widzenia dydaktyki będzie taki proces charakteryzować się koniecznością licznych powtórzeń, a więc i stratą czasu; przebiegiem nie zróżnicowanym ze względu na indywidualność poszczególnych uczniów w grupie; brakiem możliwości natychmiastowego sprawdzenia stopnia przyswojenego materiału itp.

Zastąpienie układu otwartego przez układ zamknięty, z pętlą sprzężenia zwrotnego (rys. 2) poprawia w sposób widoczny wyniki nauczania. Analizując powyższy układ łatwo zauważyć, że jest on zbliżony do klasycznego układu



Rys. 2



Rys. 3

stałowartościowej regulacji automatycznej pewnego obiektu (rys. 3). W tym ostatnim sygnał regulowany  $Y$  obiektu jest wielkością wyjściową, która mimo istnienia różnych zakłóceń  $Z_1, Z_2 \dots$  oddziałujących na obiekt ma być utrzymana na poziomie stałej wartości zadanej przez sygnał sterujący  $S$ . Porównanie sygnału wyjściowego, regulowanego  $Y$  i zadanego sygnału sterującego  $S$  odbywa się w węźle sumacyjnym, dając w wyniku różnicę  $E = S - Y$  zwaną sygnałem błęd, który oddziałuje na wejście regulatora. Zadaniem regulatora jest zmienianie sygnału wejściowego  $X$  obiektu, aby sygnał błęd dążył do zera ( $E \rightarrow 0$ ); czyli by sygnał regulowany  $Y$  stawał się równy sygnałowi sterującemu ( $Y \rightarrow S$ ). Dla prawidłowej pracy takiego układu regulacyjnego m.in. nieodzownym warunkiem jest aby - co najmniej - tylko obiekt lub tylko regulator był elementem wzmacniającym.

W układzie z rys. 2. kanałem sprzężenia zwrotnego płynie informacja korekcyjna od podmiotu sterowania, którym może być człowiek ("nauczyciel") lub maszyna dydaktyczna, a nawet podręcznik programowany - do przedmiotu



sterowania ("uczeń"). Przedmiot sterowania spełnia tu więc rolę obiektu, a podmiot rolę regulatora. W zależności od tej informacji - która odpowiada różnicy wiadomości wzorcowych (zadanych w programie) i wiadomości nabytych przez uczącego się w procesie nauczania - następuje także oddziaływanie regulatora, a więc np. maszyny dydaktycznej - na obiekt ("ucznia"), aby wiadomości tego ostatniego stawały się bliskie zadany wiadościami wzorcowym. Uzyskuje się to więc przez dodatkowe informacje uzupełniające i naprowadzające, połączone z nieustanną kontrolą, powtórką itp. w zależności zresztą od rodzaju zastosowanego w maszynie programu (np. program Skinnera, Presseya, Crowdera itp.).

W rozpatrywanym układzie dydaktycznym na obiekt oddziałują również wiele sygnałów zakłócających, którymi są wszelkie przypadkowe i nieprzewidziane bodźce. Zakłócenie sygnału utrudnia lub wręcz uniemożliwia jego prawidłowy odbiór, a co za tym idzie powoduje zniekształcenie przekazywanej informacji. Źródła zakłóceń (szumów) tkwią w trzech elementach omawianego układu:

- 1) w samym uczniu
- 2) w nauczycielu lub maszynie dydaktycznej
- 3) w warunkach, w których odbywa się przekazywanie informacji.

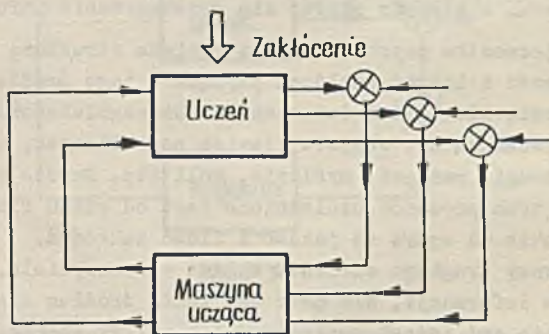
Uczeń jako jednostka psycho-fizyczna posiada strukturę bardzo złożoną, toteż różnorodność i liczba zakłóceń płynąca z tego źródła jest bardzo duża i praktycznie niemożliwa do poznania. Szczególnie trudne do wykrycia są zakłócenia pochodzące z zespołu zjawisk psychicznych, a w nich takich procesów jak: uwagi, pamięci, myślenia, woli itp. Bardzo często właściwe funkcjonowanie tych procesów uzależnione jest od stanu fizycznego organizmu, który także ma wpływ na jakość i ilość zakłóceń.

To samo dotyczy drugiego elementu układu - nauczyciela, który nie tylko jest źródłem informacji, ale może być także źródłem sygnałów zakłócających. Stara się on jednak zmniejszyć ich wpływy poprzez świadomą pracę nad sobą oraz celową eliminację zdarzeń, które mogłyby utrudniać uczniowi prawidłowy odbiór informacji. Dba więc o ciszę, odpowiednią atmosferę, właściwe oświetlenie miejsca pracy ucznia, celowy dobór przedmiotów znajdujących się w sali itp. Przekazując informacje w takich warunkach tzn. optymalnie izolowanych od środowiska obniża w znacznym stopniu poziom szumów płynących z ich trzeciego źródła.

W odniesieniu do nauczania programowanego, kiedy nauczyciela zastępuje maszyna dydaktyczna lub podręcznik programowany, te dwa elementy mogą być także źródłem zakłóceń. Poziom ich może być wysoki zwłaszcza podczas pierwszych kontaktów ucznia z maszyną (lub podręcznikiem programowanym), kiedy jest ona dla niego jeszcze nie środkiem, a celem poznania. Badania wykazały jednak, że skutki tych zakłóceń mogą być zrównoważone wpływem zespołu zjawisk psychicznych, składających się na tzw. efekt nowości. Biorąc pod uwagę cybernetyczno-dydaktyczne wymagania odnośnie nauczania programowanego

go należy budować maszyny dydaktyczne z prostymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi wejść, aby czynności obsługi nie rozpraszały uwagi ucznia, a tym samym nie były przyczyną zakłóceń w odbiorze informacji. Wprawdzie każda informacja jest wynikiem wyboru z szumów, a jej odbiór zawsze wymaga selekcji jednakże chodzi o to, aby jej przekaz odbywał się w warunkach jak najniższego poziomu zakłóceń. Zabezpieczenie odpowiedniej wartości przewyższenia sygnału ponad zakłócenia daje dopiero gwarancję prawidłowego odbioru informacji.

Przedstawiony model procesu nauczania w układzie zamkniętym jest modelem uproszczonym przede wszystkim z tego względu, że w praktyce stosuje się zwykle dwa kanały dla informacji wejściowej - wynikają one z ludzkich możliwości percepcyjnych w tym przypadku możliwości jednoczesnego wykorzystania zmysłu wzroku i słuchu. Przy stosowaniu maszyn dydaktycznych można nawet wykorzystać więcej zmysłów np. zmysł dotyku. Również w samym obiekcie może być kilka wielkości poddanych procesowi regulacji, np. może to być jednocześnie przyswajanie wiadomości i osiągnięcie umiejętności motorycznych (manualnych). W rezultacie otrzymuje się układ o kilku wejściach i wyjściach (rys. 4) Zależność między wielkością wejściową  $Y$ ,



Rys. 4

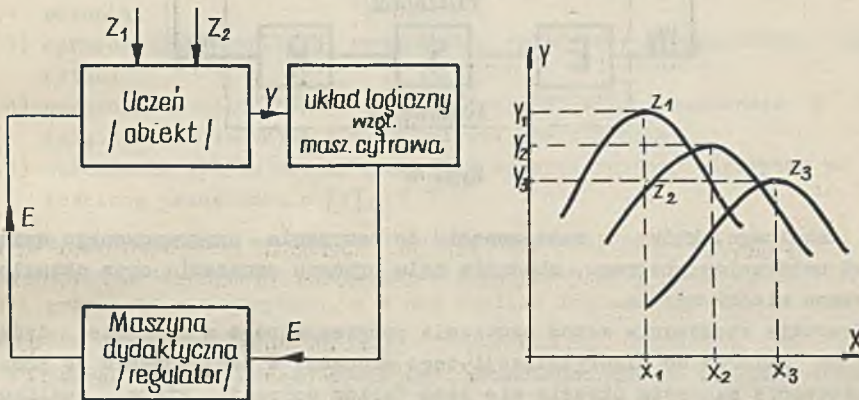
obiektem stanowi w cybernetyce i automatyce tzw. charakterystykę statyczną obiektu. Zdarza się, że obiekt ma charakterystykę wykazującą pewne maksimum, którego położenie jest zależne od wartości dodatkowego parametru - sygnałów zakłócających.

Wiadomości nabyte w procesie nauczania (np. nauczania programowanego) mogą również odtwarzać taką charakterystykę. Powinno się wówczas stosować regulację ekstremalną, w której sygnał sterujący jest wytwarzany przez układ logiczny lub maszynę cyfrową. W zależności od wartości parametru zakłócającego, a ściślej pewnej wypadkowej sumy parametrów zakłócających - układ logiczny steruje w taki sposób maszyną dydaktyczną (regulatorem) i za jej pośrednictwem tak zmienia sygnał  $X$  na wejściu obiektu ("uczeń"), że sygnał wyjściowy  $Y$ , czyli wiadomości nabyte w procesie uczenia się -



utrzymuje się na poziomie maksymalnym, przy różnych wartościach sygnałów zakłócających. Jest to szczególnie korzystne z punktu widzenia zasad teorii nauczania, a szczególnie jednej z nich zasady indywidualizacji, gdyż dostosowuje się przez to cały proces nauczania do osobistych możliwości każdego ucznia.

Strukturę takiego układu i jego typową charakterystykę przedstawia rys. 5. Do tej grupy układów można zaliczyć tzw. układy adaptacyjne (maszyny



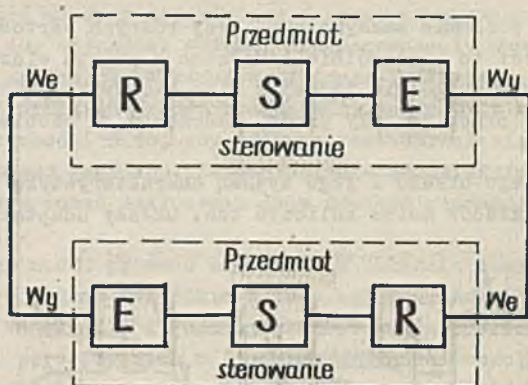
Rys. 5

dydaktyczne adaptacyjne; G. Pask 1957 r.) oraz rozbudowane układy dydaktyki komputerowej, w której dla celów nauczania programowanego wykorzystuje się maszyny cyfrowe ze specjalnymi programami, np. tzw. programem "ćwicz i powtarzaj" (drill-and-practice system); programem guwernerskim (tutorial system); programem konwersacyjnym (dialogue system) i innymi.

Powróćmy teraz do układu z rys. 2. Odbywa członowy tego układu maszyna jako podmiot sterowania i słuchacz jako przedmiot sterowania charakteryzują się obecnością następujących elementów:

- 1) receptorów, organów odbiorczych,
- 2) sterowników - organów wypracowujących decyzje na podstawie informacji otrzymanych od receptorów i stanowiących członów składowe regulatora, tzn. maszyny dydaktycznej,
- 3) efektorów - organów wykonawczych, realizujących wypracowane decyzje.

Uwzględniając powyższą strukturę przedmiotu i podmiotu sterowania można układ z rys. 2. przedstawić teraz w sposób bardziej rozbudowany jak na rys. 6. W przedstawionym układzie stan każdego z członów jest zdeterminowany stanami wejściowymi (receptorami) i stanami wyjściowymi (efektorami). Stany wyjścia (w tym i podobnych układach) są określone przez aktualne lub uprzednie stany wszelkich wejść. Jest to tzw. postulat determini-



Rys. 6

zmu lokalnego, który w zastosowaniu do nauczania programowanego wymaga przed ustaleniem programu, zbadania celu procesu nauczania oraz aktualnego stanu wiedzy ucznia.

Szerokie stosowanie metod nauczania programowanego w procesie dydaktycznym zmierza do algorytmizacji tego procesu. W zastosowaniu do procesu nauczania algorytm określa się jako "zbiór operacji, które realizuje uczeń przy odbiorze informacji o określonym obiekcie, lub rozwiązywaniu problemu, czy zadania należącego do danej klasy" [2]. Ponieważ większość zadań z jakimi uczeń ma do czynienia w nauczaniu programowanym da się zalgorytmizować, przeto z tego faktu wynika dla dydaktyki i organizacji nauczania wiele nowych możliwości. Do nich należy przede wszystkim:

- 1) opracowanie algorytmów nauczania,
- 2) nakreślenie sposobów realizacji procesu nauczania przy pomocy opracowanych algorytmów.

W celu opracowania algorytmów nauczania należy:

- 1) dokonać podziału całego procesu nauczania na elementarne operacje,
- 2) w instrukcjach ściśle określić warunki i charakter stosowania każdej operacji,
- 3) ustalić minimalną liczbę operacji potrzebną do rozwiązania danego zadania, wybierając ze wszystkich możliwych takie, przy pomocy których łatwiej dojść do poszukiwanego rezultatu,
- 4) ustalić rodzaj i kolejność zastosowania poszczególnych operacji.

W odniesieniu do nauczania programowanego znajduje zastosowanie procedura typu algorytmicznego, którą należy odróżnić od pojęcia algorytmu matematycznego, zajmującego się abstrakcyjnymi obiektami typu liczb, funkcji itp. Zasadnicza różnica pomiędzy procedurą a algorytmem polega na tym, że procedura dopuszcza pewne zmiany w postępowaniu w zależności od



rozwoju sytuacji (co jest sprawą konieczną w nauczaniu programowanym), algorytm natomiast określa sztywno kolejność operacji oraz ich rodzaj [1]. W związku z tym budowa i zastosowanie algorytmu w nauczaniu programowanym jest zagadnieniem bardzo złożonym i wymaga uwzględnienia następujących warunków:

- 1) wyboru treści nauczania (tematów), których przekazywanie można realizować wg algorytmu;
- 2) konstrukcji algorytmu z uwzględnieniem zasady indywidualizacji w nauczaniu;
- 3) opracowania organizacji prowadzenia zajęć przy wykorzystaniu algorytmu;
- 4) opracowania metodycznego i merytorycznego treści nauczania z uwzględnieniem kontroli i samokontroli pracy ucznia;
- 5) określenie wpływu metody nauczania wykorzystującej algorytm na całościową pracę ucznia [2].

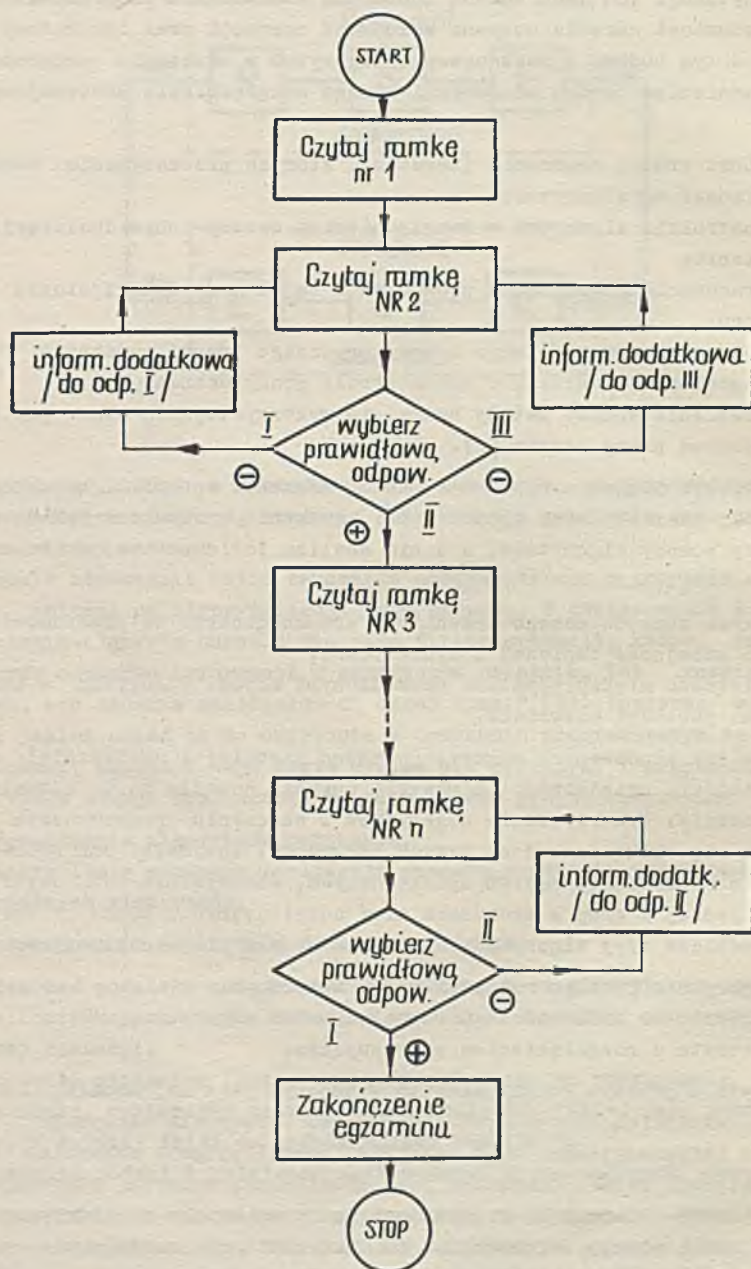
Najważniejszym jednak warunkiem z punktu widzenia specyfiki nauczania programowanego jest właściwy wybór treści nauczania przeznaczonych do realizacji przy pomocy algorytmów, a w nim analiza logiczna treści nauczania. Winna ona uwzględniać:

- 1) zakres tematów danego przedmiotu przeznaczonego do programowania,
- 2) ich kolejność logiczną i dydaktyczną,
- 3) zależność między tematami prowadzonymi metodą algorytmu a pozostałymi partiami materiału.

Za pomocą tak zbudowanych algorytmów można szybciej i skuteczniej zdobywać wiadomości, umiejętności i nawyki, aniżeli pozwala na to aktualna praktyka nauczania. Wykorzystanie algorytmów w nauczaniu programowanym nie ogranicza się tylko do budowy samych programów. Znajdują one również zastosowanie w działaniu maszyn dydaktycznych, szczególnie zaś uczących, a w nich w jednej z grup w maszynach niby adaptacyjnych. Można rozróżnić trzy zasadnicze typy algorytmów działania maszyn niby-adaptacyjnych;

- 1) algorytm z prostym rozgałęzieniem wstecznym,
- 2) algorytm ze zróżnicowanym rozgałęzieniem wstecznym,
- 3) algorytm z rozgałęzieniem postępującym.

Algorytm z prostym rozgałęzieniem wstecznym jest najbardziej elementarny ze wszystkich stosowanych algorytmów. Uczący się otrzymuje porcję materiału informacyjnego, a po ostatniej porcji pytanie kontrolne z wyborem odpowiedzi. Jeżeli odpowiedź jest prawidłowa, maszyna eksponuje następną porcję informacji, jeżeli jest fałszywa uczący się otrzymuje ponownie tę samą porcję informacji i to samo pytanie, zostaje więc cofnięty do poprzedniej ramki. Algorytm ten może być rozbudowany o dodatkowe wyjaśnienia w postaci ramek uzupełniających, umieszczonych w schemacie blokowym po odpowiedziach błędnych.



Rys. 7



W algorytmie ze zróżnicowanym rozgałęzieniem wstępnym, w zależności od rodzaju odpowiedzi błędnych, uczący się jest skierowywany do ranki "wcześniejszej" lub "późniejszej", która nie obejmuje już całego materiału. Projekt takiego algorytmu przedstawia rys. 7.

Algorytmy z rozgałęzieniem postępującym odpowiadają najbardziej rozbudowanym programom rozgałęzionym m.in. np. programom wielowarstwowej struktury rozgałęzień z całym zespołem informacji dodatkowych i objaśnień, programom o strukturze wielowęzłowej, sprawdzianowej itp. Wydaje się jednak, że dopiero powiązanie ze sobą różnych metod nauczania programowanego łącznie z wykorzystaniem maszyn dydaktycznych z innymi metodami, a zwłaszcza z tymi, które pozwalają na algorytmiczne ujmowanie treści nauczanych, przyczyni się do dalszego rozwoju dydaktyki w naszym szkolnictwie.

#### LITERATURA

1. J. Bańczerowski, Niektóre aspekty algorytmizacji w nauczaniu języków obcych, "Neodidagmata", Zeszyt I, Poznań 1970 r.
2. M. Drótko, N. Wieczorek, Cybernetyczne podstawy nauczania programowanego, Towarzystwo Wolnej Wszechnicy Polskiej, Warszawa 1967 r.
3. J. Fleszner, O możliwościach i perspektywach myślenia cybernetycznego w pedagogice, "Kwartalnik Pedagogiczny" nr 1/1964.
4. L.P. Itelson, Cybernetyka a wnioski dla dydaktyki, "Nowa Szkoła" nr 4/1965.
5. B. Komorowski, U źródeł nauczania programowanego, "Nowa Szkoła", nr 6/1965.
6. L.N. Łanda, Wzajemny stosunek procesów heurystycznych i algorytmicznych oraz wybrane zagadnienia nauczania programowanego, "Kwartalnik Pedagogiczny", nr 1/1969.
7. M. Mazur, Cybernetyka w "Szkoła a postęp techniczny" pod red. T. Nowackiego, Nasza Księgarnia, Warszawa 1962 r.
8. G. Meyer, Cybernetyka a proces nauczania, PZWS, Warszawa 1960 r.
9. Pierre de Latil, Sztuczne myślenie, PWT, Warszawa 1958 r.
10. J.A. Poletajew, Zagadnienia cybernetyki, PWT, Warszawa 1961 r.

## КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ

## Р е з ю м е

Развитие современных знаний о между ними и кибернетики создает необходимость применения методов контроля и управления также к обучающим процессам. Статья представляет попытку анализа программированного обучения как одного из методов обучения, особенно подчеркивая эти участки проблемы, которые возможно изобразить при помощи кибернетической терминологии.

## PROGRAMMED LEARNING IN THE VIEW OF CYBERNETICS

## S u m m a r y

The development of cybernetics has created a necessity to describe a process of teaching by the method of control. This paper gives an attempt to that problem in the case of programmed learning and also clearly shows this parts of the process, which can be explained in terms of cybernetics.