

## MIEJSCE I ROLA KOMPUTERA W PROCESIE NAUCZANIA

### KOMPUTER W SZKOLE - NARZĘDZIE EKSKLUZYWNE, CZY POWSZECHNIE DOSTĘPNE?

Według orientacyjnych oszacowań publikowanych pod koniec 1989 roku liczba komputerów różnych typów zainstalowanych w szkołach przekroczyła 500 tysięcy. Liczba jest trudna do precyzyjnego określenia, gdyż źródła pozyskania sprzętu komputerowego dla szkół są rozmaite i tylko część maszyn trafia do nich za pośrednictwem Ministerstwa Edukacji Narodowej lub Kuratorium i podlega ewidencji. Znaczna liczba komputerów pojawia się jednak w szkołach za sprawą rozmaitych fundacji, zakładów pracy, instytucji i osób prywatnych - a także przy finansowym udziale samych nauczycieli, uczniów i ich rodziców. Rzeczywista liczba komputerów, które są dostępne w szkołach, nie jest więc dokładnie znana, ale znaczna i stale rosnąca. Fakt ten wywołuje w naturalny sposób wzrastające zainteresowanie problematyką właściwego wykorzystania komputerów w procesie dydaktycznym.

Istnieje powszechne (niestety - często uzasadnione) przekonanie, że komputery są wykorzystywane w szkołach w sposób mało racjonalny i mało efektywny. Ustalmy od razu, o jakim wykorzystaniu zamierzamy mówić. Jest bowiem rzeczą bezsporną, że dysponując

---

\* Instytut Automatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza

szkolnym komputerem można osiągać cele, określane ogólnie jako "zapoznanie młodzieży z techniką komputerową" (często niestety głównie poprzez rozmaite podejrzane intelektualnie i wychowawczo gry...) oraz nauczać (powszechnie lub w grupach zainteresowań) podstaw informatyki rozumianych zwykle jako podstawy programowania. To są sprawy oczywiste i nie będą przedmiotem dyskusji w tym artykule, gdyż sposób wykorzystania komputera jako obiektu, który należy poznać, albo w charakterze narzędzia, które trzeba programować - stanowi elementarz w zasobie wiadomości nauczycieli informatyki.

Obiektem zainteresowania jest natomiast wykorzystanie komputera jako narzędzia nauczania przedmiotów nieinformatycznych. Dopóki komputery były trudno dostępne - sprawa była bezprzedmiotowa, gdyż brakowało bazy sprzętowej niezbędnej do podejmowania prób i oceny wyników stosowania komputerów w dydaktyce. Obecnie sytuacja ta uległa radykalnej zmianie: w szkołach są komputery, pojawił się natomiast z całą ostrością problem sposobów ich wykorzystania. W ten sposób dziedzina, która była do niedawna obiektem zainteresowania jedynie nielicznej grupki entuzjastów, stała się niemal z dnia na dzień tematem licznych prac stale rosnącej grupy dydaktyków. Fakt ten należy oceniać jako pozytywny, a rosnące zainteresowanie możliwościami komputerów w procesie dydaktycznym będzie niewątpliwie owocowało nowymi programami przeznaczonymi dla celów nauczania i nowymi doświadczeniami wynikającymi z ich stosowania. Istnieje jednak obawa, że obok pozytywnych skutków wspomniana fala entuzjazmu może mieć także negatywne następstwa. Chodzi tu głównie o skutki działań, w których entuzjazm zastępuje rzetelną wiedzę, zamiast ją wspierać.

## ROLA OPROGRAMOWANIA DYDAKTYCZNEGO I ZWIĄZANE Z NIM NIEBEZPIECZEŃSTWA

Ryzyko powstawania opracowań - ogólnie mówiąc - amatorskich istnieje w każdej dziedzinie ludzkiej działalności. Jednak w dziedzinach posiadających tradycję, wysoko kwalifikowaną kadrę i rozbudowany system konstruktywnej krytyki powstających opracowań ryzyko upowszechniania błędnych wzorów i szkodliwych poglądów jest ograniczone do rozsądnych rozmiarów. Natomiast dziedzina komputerowego wspomaganie procesów dydaktycznych takiej tradycji nie ma, kadry w praktyce także nie, a system opiniowania powstających opracowań jest niedostosowany do możliwości nowoczesnej techniki informatycznej, gdyż działa zbyt wolno i jest mało skuteczny. Trzeba bowiem zwrócić uwagę na zdolność "samopowielania" oprogramowania (w tym także dydaktycznego), której to zdolności nie posiadają żadne wcześniej opracowane środki przekazywania myśli. Po napisaniu i uruchomieniu programu może on być z łatwością kopiowany i przenoszony na inne komputery, przy czym łatwość takiej operacji i pewien, rozpowszechniony niestety, nawyk jej stosowania - sprzyjają szerzeniu się programu bez wiedzy i kontroli jego autora. A przecież tylko autor naprawdę wie, co i jak program robi, jakie ma ograniczenia itp.

W tej sytuacji jest rzeczą pilną - by nie powiedzieć nagłą - upowszechnianie wiedzy na temat możliwości i właściwości komputerowego wspomaganie procesu dydaktycznego, a także niezbędne jest podejmowanie prób oceny komputerowych programów dydaktycznych - zarówno nowo powstających w krajowych ośrodkach naukowych i dydaktycznych, jak i importowanych - szczególnie pochodzących z nie sprawdzonych źródeł i wytwarzanych przez mało znane firmy software'owe. Konieczność zachowywania daleko posuniętej ostrożności

przy akceptowaniu i adaptowaniu programów przeznaczonych do rozpowszechniania w kraju wynika z ogromnej siły oddziaływania (zarówno pozytywnego, jak i negatywnego) komputerowych środków wspomagania procesu dydaktycznego, a także jest konsekwencją faktu, że wiele firm produkujących oprogramowanie traktuje problematykę dydaktyki wspomaganej komputerem jako swoista żyła złota: po grach komputerowych (które już nieco znudziły) i oprogramowaniu służącym do przetwarzania tekstów, programy nauczające są najczęściej kupowanym produktem dla komputerów domowych - wyprzedzając daleko w statystykach sprzedaży oprogramowanie profesjonalne. W wyniku takiej struktury popytu powstają i są oferowane zarówno programy wartościowe, budowane zgodnie z zasadami dydaktyki, jak i programy bez istotnych wartości naukowych, niekiedy szkodliwe wychowawczo, konstruowane po dyletancku od strony metod i środków technologii kształcenia - za to wabiące atrakcyjnym opakowaniem, krzykliwa reklama i atrakcyjna szata graficzna produkowanych przez komputer obrazów na ekranie monitora uczniowskiego.

## POTRZEBA METODOLOGII STOSOWANIA KOMPUTERÓW W DYDAKTYCE

Pozostawiając chwilowo na uboczu temat oceny programów dydaktycznych i wymogów, jakie powinno się im stawiać, skoncentrujemy uwagę na pierwszym z wymienionych wyżej warunków poprawnego stosowania techniki komputerowej w dydaktyce, a mianowicie na upowszechnianiu wiedzy dotyczącej miejsca i roli komputera w procesie dydaktycznym.

Punktem wyjścia przy tworzeniu takiej wiedzy musi być pogłębiona i dojrzała refleksja na temat miejsca i roli komputera w procesie nauczania i uczenia się. Brak takiej refleksji i brak

metodologicznej podbudowy przy tworzeniu wielu programów dydaktycznych prowadzi z jednej strony do marnowania - poprzez nieumiejętne użycie - możliwości, jakie stwarza komputer w dydaktyce, a z drugiej strony bywa przyczyną nadmiernie optymistycznych i przesadnie entuzjastycznych ocen jego roli i możliwości. Nie ulega wątpliwości, że komputer jest wśród technicznych środków nauczania narzędziem wyjątkowym - w dobrym i w złym tego słowa znaczeniu. Artykuł ten ma na celu podkreślenie odmienności i wyjątkowości komputera w stosunku do innych środków technicznych stosowanych w technologii kształcenia, a także wskazanie zaleceń dotyczących jego racjonalnego wykorzystania w dydaktyce. W tym celu zaproponowano w nim pewien model - skrajnie uproszczony, rzecz jasna - procesu nauczania i uczenia się w ujęciu cybernetycznym. Model ten był już wykorzystywany przez innych autorów i jest szeroko znany, jego rola polega tu jednak na tym, aby zaakcentować rolę komputera w procesie dydaktycznym i wskazać na odmienny typ korzyści, odnoszonych w trakcie nauczania i uczenia się z użyciem komputera, w stosunku do metod i technik bazujących na maszynach, środkach optymalizacji pomiaru dydaktycznego lub nowoczesnych (np. audiowizualnych czy videoteknicznych) środkach przekazu.

#### UPROSZCZONY MODEL PROCESU NAUCZANIA

Wielu autorów wskazywało na fakt, że w największym uproszczeniu proces nauczania i uczenia się można interpretować jako system z dodatnim sprzężeniem zwrotnym, w skład którego wchodzi dwa obiekty: nauczyciel i uczeń (rys. 1). Wyobraźmy sobie (wyłącznie dla prostoty wywodu, gdyż doskonalszy model byłby mniej czytelny), że nauczyciel oddziaływa na ucznia przy pomocy sygnału  $t$ , reprezen-

tującego przekazywane treści nauczania (i inne środki oddziaływania dydaktycznego, co w tej chwili jest mało istotne), w wyniku czego uczeń nabywa wiedzy wyrażającej się (umownie) sygnałem  $w$ , postrzeżeniem zwrotnie przez nauczyciela.

Pojęcie sygnału  $w$  odgrywa w przedstawianej pracy kluczową rolę, warto mu zatem nadać precyzyjny i jednoznaczny sens. Sygnał ten reprezentuje w modelu *poziom wiedzy ucznia*. Zakładamy, że jest to wielkość możliwa do zmierzenia i wyrażenia w postaci pojedynczej liczby, której maksymalizacja jest głównym celem procesu uczenia. Naturalnie założenie takie jest grubym uproszczeniem, gdyż w istocie wiedzy nie da się wyrażać w sposób ilościowy, a już z pewnością nie jest to parametr skalarny. W bardziej zbliżonym do rzeczywistości modelu  $w$  powinno być *wektorem*, którego składowe mogą być interpretowane jako stopień opanowania wiadomości teoretycznych, głębokość zrozumienia nauczanych treści, zakres umiejętności praktycznego stosowania nabytej wiedzy, refleksje wynikające z opanowanych wiadomości, a odnoszące się do innych nauczanych przedmiotów itd. Jednak prezentowany tu model nie pretenduje do tego, by być wiernym i dokładnym odwzorowaniem wszystkich znanych faktów. Przeciwnie, jest on krańcowym uproszczeniem rzeczywistości, wprowadzonym w ściśle określonym celu: aby przedyskutować rolę komputera jako narzędzia dydaktycznego. Z tego punktu widzenia założenia o mierzalności sygnału  $w$ , o możliwości jego pozyskiwania przez nauczyciela i o jego adekwatności do założonych celów nauczania stanowią wygodny i trwały punkt odniesienia.

Podobnie uproszczony pogląd prezentowany jest w omawianym modelu odnośnie do treści przekazywanych przez nauczyciela, oznaczonych sygnałem  $t$ . Jest więcej niż oczywiste, że prawdziwa praca nauczyciela nie da się sprowadzić do pojedynczego, skalarnego sygnału, ale jest równie oczywiste, że zbudowanie modelu procesu

uczenia, uwzględniającego wszystkie subtelności i szczegóły, jest mało prawdopodobne ze względu na jego złożoność, a także mało celowe (z tego samego powodu).

Oczywiście zarówno wiedza ucznia  $w$ , jak i treści przekazywane przez nauczyciela  $t$  zmieniają się w czasie; dla wygody rozważajmy je jako wartości liczbowe w dyskretnych momentach czasu, oznaczane odpowiednio jako  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  oraz  $w_1, w_2, \dots, w_n$ . Załóżmy ponadto, że treści przekazywane przez nauczyciela w danym momencie czasu są funkcją obserwowanych w tym samym momencie postępów czynionych przez uczniów; zapisując tę zależność w sposób najprostszy z możliwych możemy wprowadzić pewien mnożnik (stały), opisujący działanie nauczyciela i otrzymujemy skrajnie uproszczoną zależność matematyczną, ilustrującą w rozważanym modelu funkcjonowanie nauczyciela:

$$t_i = N w_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Współczynnik  $N$  reprezentujący w modelu aktywność nauczyciela będzie tym większy, im większy sygnał korekcyjny  $t_i$  odpowiadać będzie postrzeganym przez nauczyciela postępom uczniów  $w_i$ ; w ogromnym uproszczeniu można więc przyjąć, że im większa wartość  $N$ , tym zdolniejszy, bardziej operatywny i obdarzony większą inwencją jest rozważany "modelowy" nauczyciel. Funkcjonowanie ucznia da się opisać w podobny sposób, ponieważ jednak proces uczenia się wymaga czasu, założymy w modelu, że ilościowa miara stanu wiedzy ucznia  $w$  będzie zależna od treści podawanych przez nauczyciela w poprzednim rozważanym momencie czasu, można więc napisać zależność

$$w_i = U t_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Współczynnik  $U$  reprezentuje przyrost wiedzy ucznia w następstwie

przyswajania przez niego treści podawanych przez nauczyciela; w naturalny sposób można przyjąć, że im większa wartość  $U$ , tym intensywniejszy przyrost wiedzy ucznia przy takich samych oddziaływaniach nauczyciela, zatem duże wartości charakteryzować będą uczniów zdolnych, a małe wartości  $U$  odpowiadać będą uczniom mniej zdolnym.

Łącząc równania (1) i (2) otrzymamy zależność

$$w_i = U N w_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

opisująca przyrost wiedzy ucznia w kolejnych momentach czasu. Łatwo zauważyć, że przy stałych elementach opisujących ucznia i nauczyciela (takie same  $N$  oraz  $U$ ) przebieg czasowy zmienności  $w_i$  (wiedzy ucznia) ma charakter wykładniczy i zależy od ilości wiadomości, jakie posiada uczeń w momencie podejmowania nauki (wartość  $w_1$  w pierwszym rozważanym momencie czasu, która musi być dana, gdyż nie jest określona przez wzory (1)-(3)). Oczywiście im wyższy jest początkowy stan wiedzy ucznia, tym szybciej i efektywniej się uczy (rys. 2). Równocześnie przebieg krzywych obrazujących czasową zmienność  $w_i$  zależy w decydującym stopniu od iloczynu wartości  $U$  oraz  $N$  - im iloczyn ten jest większy, tym stromiej i szybciej narastają wartości  $w_i$ . Warto zwrócić uwagę, że wynik ten jest w swojej interpretacji naturalny i oczywisty: im mamy zdolniejszych uczniów (wartości  $U$ ) i im bardziej utalentowany jest nauczyciel (wartości  $N$ ), tym lepsze są wyniki nauczania i tym szybsze są postępy. Naturalne jest także uzależnienie efektu od iloczynu obydwu rozważanych czynników: taki sam efekt można bowiem uzyskać przy mniej zdolnych uczniach i lepszych nauczycielach, jak i przy dobrych uczniach i nauczających o miernej zdolności (rys. 3). Model pomimo swojej krańcowej prostoty pozwala odtworzyć nawet zjawisko zapominania nabytych wiadomości: jeśli iloczyn  $U N$  jest mniejszy



od jedności (bardzo kiepski nauczyciel lub skrajnie leniwy uczeń), wówczas krzywe  $w_i$  są opadające (rys. 4) - początkowy stan wiedzy  $w_1$  jest w kolejnych krokach czasowych tracony aż do zera...

## ROLA TRADYCYJNYCH ŚRODKÓW TECHNICZNYCH W NAUCZANIU

Uzależnienie postępów nauczania od iloczynu wszystkich elementów występujących w pętli sprzężenia zwrotnego skłania do poszukiwania możliwości zwiększenia efektywności przekazywania wiedzy na drodze wprowadzania do pętli dodatkowych składników, których mnożnik (większy od jedności!) prowadzi do akceleracji procesu nauczania. Typowym przykładem rozwiązania tego typu jest wprowadzanie nowych technik przekazywania informacji: środków audiowizualnych, sprzętu video, podręczników itp. Miejscem ulokowania tych elementów technicznych jest droga od nauczyciela do ucznia, na której pełnią one rolę swoiście rozumianego wzmacniacza (rys. 5). Jeśli zależność pomiędzy oddziaływaniem generowanym przez samego nauczyciela  $t$ , a przekazem docierającym do ucznia, dana jest wzorem

$$f_i = A t_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

gdzie  $A$  jest mnożnikiem określającym stopień wzmocnienia oddziaływania ( $A > 1$ ), to wówczas przy tych samych wartościach  $U$  oraz  $N$  przebieg zmian  $w_i$  jest bardziej stromy (szybciej osiągnany jest założony poziom wiedzy lub więcej wiadomości udaje się przekazać w tym samym czasie), ponieważ w tym przypadku zależność (3) ma postać

$$w_i = U N A w_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

i oczywiście  $U N A > U N$ .

Podobne rozważania należałoby prowadzić, koncentrując uwagę na środkach technicznych wykorzystywanych w procesie pomiaru dydaktycznego. Jeśli założymy, że dzięki wprowadzeniu odpowiednich systemów testujących i kontrolujących wiedzę sygnał docierający do nauczyciela (oznaczony  $q$ ) będzie wzmocniony w stosunku do  $w$ , co można opisać za pomocą wzoru

$$q_i = P w_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

gdzie  $P$  jest miara wzrostu efektywności pomiaru dydaktycznego, osiągana dzięki zastosowaniu odpowiednich środków technicznych. Zakładając, że  $P > 1$ , możemy w analogiczny sposób, jak w przypadku wzoru (5), zastosować formułę

$$w_i = U P N w_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

i w identyczny, jak wyżej przytoczony, uzasadniać tezę o zwiększaniu efektywności procesu kształcenia przy użyciu doskonalszych, nowoczesnych metod kontroli wiadomości (rys. 6). Trzeba oczywiście rozważać skutki wprowadzenia środków technicznych, zwiększających efektywność procesu dydaktycznego, zarówno w torze bieżącym od nauczyciela do ucznia (czynnik  $A$ ), jak i w torze pomiaru dydaktycznego (czynnik  $P$ ). Odpowiedni wzór ma wówczas postać

$$w_i = U P N A w_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

i można argumentować, że w tym przypadku osiągalna jest wysoka akceleracja procesu nauczania i podwyższenie jego efektywności - nawet przy miernych umiejętnościach nauczycieli i kiepskich uzdolnieniach uczniów.

## ROLA I MIEJSCE KOMPUTERA W TRADYCYJNYM MODELU PROCESU NAUCZANIA

W przytoczonych wyżej schematach mogą mieścić się także niektóre zastosowania komputerów. W szczególności dzięki bogatym możliwościom programowego kształtowania obrazu (alfanumerycznego lub/i graficznego) oraz dźwięku, a także w związku z możliwościami zapamiętywania dużej liczby danych, symulowania różnych procesów, generowania ruchu itp. chętnie wykorzystuje się komputer jako narzędzie przekazu dydaktycznego, wbudowując go w schemat procesu dydaktycznego zgodnie z rysunkiem 5. Pełni on wówczas identyczną funkcję, jak tradycyjne środki audiowizualne, z taką jedynie różnicą, że znacznie łatwiej i wygodniej można z pomocą komputera generować potrzebne obrazy i dźwięki oraz znacznie precyzyjniej je kontrolować. Podobnie wyjątkowo łatwo i wygodnie da się wykorzystywać komputer jako środek pomiaru dydaktycznego. Za pomocą interakcyjnych urządzeń wejścia i wyjścia (szczególnie przy zastosowaniu klawiatury i ekranu barwnego monitora) można sprawnie i przy minimalnym wysiłku prowadzić różnego rodzaju egzaminy testowe, ocene wiadomości czy wreszcie treningi zmierzające do oceny stopnia nabycia umiejętności praktycznych (przykładowo badania pilotów na symulatorach lotu wybranych typów samolotów pasażerskich). Komputer zlokalizowany jest w tym przypadku zgodnie ze schematem podanym na rysunku 6 (jako urządzenie wnoszące do systemu czynnik P) i jego cechy mogą różnić się od właściwości innych obiektów technicznych, wykorzystywanych w tym samym celu, jedynie parametrami ilościowymi, a nie jakościowymi.

## BARIERY STOSOWALNOŚCI TRADYCYJNEGO MODELU NAUCZANIA

Zanim przejdziemy do analizy innych, ważniejszych i zasadniczo nowych lokalizacji komputera w procesie dydaktycznym, zanim wskażemy, że jego zastosowanie może w zasadniczy sposób zmienić charakter przebiegów i prawidłowości, występujących w procesie dydaktycznym - warto poświęcić nieco uwagi ograniczeniom, jakim podlega klasyczny model procesu dydaktycznego, zarówno "naturalnego" (rys. 1), jak i wspomaganego różnymi środkami technicznymi (rys. 5 i 6). Wspomniano, że charakterystyczną cechą rozważanych schematów jest występowanie w nich wykładniczych zmienności czasowych parametrów charakteryzujących wiedzę ucznia, zgodnie z rysunkami 2 i 3. Wprowadzane środki techniczne mogą wpływać na mniej lub bardziej stromy przebieg krzywej, nie mogą natomiast zmienić jej charakteru. Pomijając fakt, że w ten sposób ograniczona jest możliwość indywidualnego dostosowywania zakresu i tempa przekazywania wiedzy do poszczególnych uczniów i ich indywidualnych predyspozycji psychicznych i intelektualnych, a także, że nie można zwiększyć w nieskończoność efektywności nauczania zamykając się jedynie w tym podstawowym schemacie, trzeba wskazać na jedno niebezpieczeństwo, grożące przy stosowaniu "wykładniczego" modelu nauczania i zwiększeniu tempa nauki poprzez wzmacniające środki techniczne. Otóż odporność psychiczna ucznia ma swoje granice. Zakładamy przy wykładniczej krzywej nabywania wiedzy bezustanny wzrost tempa nauczania (w kolejnych odcinkach czasu przyswajane muszą być coraz większe porcje wiadomości). Prowadzi to przy zbyt "stromym" przebiegu krzywej do załamania psychicznego i zniechęcenia uczniów, co objawia się gwałtownym spadkiem sprawności przyswajania wiedzy (rys. 7). Przebiegi teoretyczne i rzeczywiste rozchodzą się w wyniku tego w sposób drastyczny, a globalny efekt

w postaci postępów wiedzy ucznia jest jednoznacznie negatywny. Aby zapobiegać temu efektowi trzeba koniecznie wzbogacić proces realizowanych oddziaływań i współzależności pomiędzy uczącym a nauczonym - i to wzbogacić w sposób jakościowy, a nie tylko ilościowy.

### KOMPUTER JAKO SKŁADNIK DODATKOWYCH SPRZEŻEŃ ZWROTNYCH

Nie ulega wątpliwości, że poszukiwanym, nowym jakościowo elementem procesu nauczania może być właśnie komputer. Aby jednak mógł on w pełni zaspokoić oczekiwania, musi być wykorzystywany w sposób właściwy - to znaczy **interakcyjny** zarówno od strony ucznia, jak i od strony nauczyciela (rys. 8).

Niewątpliwie istnieją możliwości techniczne dla takiej interakcyjnej współpracy. Pisząc program dla komputera można bowiem przewidzieć w nim zarówno jednokierunkowy przekaz informacji (od nauczyciela do komputera oraz od komputera do ucznia), jak też zwrotne pozyskiwanie informacji w postaci odpowiedzi ucznia na stawiane mu przez komputer zadania testowe oraz w postaci podpowiedzi i sugestii komputera, skierowanych do nauczyciela. Szczególnie dużą wagę powinno się przywiązywać do tego ostatniego "kanału informacyjnego", złożonego z opracowanych przez komputer informacji pozwalających nauczycielowi na pełniejsze i lepiej dostosowane do aktualnej wiedzy uczniów (i ich zmiennej predyspozycji psychicznej) przedstawienie kolejnych fragmentów przerabianego materiału. Możliwości w tym zakresie są oczywiście tym większe, im mądrzejszy i lepiej zaprojektowany program edukacyjny uda się napisać (lub zdobyć). W drugiej połowie lat osiemdziesiątych popularne stało się nawet hasło "inteligentnych systemów nauczających",

przy czym pod tą wieloznaczną nazwą najczęściej rozumiano specyficzne połączenie techniki programowanego nauczania i metod tak zwanej sztucznej inteligencji. Inteligentne systemy nauczające, opierając swoje działanie na obszernej i stale aktualizowanej bazie danych o uczniach i ich predyspozycjach psychologicznych, umożliwiają optymalne dostosowanie tempa, zakresu i charakteru podawanych wiadomości do indywidualnych cech każdego ucznia. Jednak nawet wykorzystując elementarne tylko programy, wiążące przekazywane uczniowi treści nauczania z jego aktualnymi i poprzednimi postępami, na bieżąco ocenianymi i analizowanymi przez komputer - można konstruować adaptacyjny dialog ucznia z komputerem. Należy zaprojektować i zaprogramować to w ten sposób, że czynnikiem decydującym o przebiegu procesu nauczania stają się zdolności i bieżąca predyspozycja umysłowa ucznia.

Warto podkreślić, że dostosowanie to pozwala nie tylko zmieniać tempo i zakres prezentowanych wiadomości, ale pozwala także na indywidualne podejście do każdego ucznia. To uczeń - poprzez swoje odpowiedzi - steruje przebiegiem programu nauczającego. Jeśli jest ogólnie nieprzeciętnie zdolny (lub akurat w danej chwili dobrze dysponowany) - wówczas przyswaja prezentowane wiadomości szybko i bez nużących wyjaśnień oczywistych i rozumianych faktów. Uzdolniony uczeń robiąc szybkie postępy przy użyciu programu komputerowego poznaje coraz to nowe zagadnienia, opanowuje wymagany materiał skutecznie i w krótkim czasie.

Jeśli natomiast uczeń jest mało zdolny albo ma akurat "zły dzień" - wówczas komputer umożliwia mu studiowanie nastęrczających trudności zagadnień powoli, prezentując liczne uzupełniające wyjaśnienia lub ilustrując abstrakcyjne pojęcia przykładami i pozwalając - bez stresu, bo bez penalizacyjnej funkcji oceny - na bieżącą samoocenę. Przewycięża się przy tym - jeśli oczywiście program

nauczający jest dobrze zbudowany - niebezpieczeństwo biernego (i powierzchownego) przyswajania przez ucznia studiowanych treści. Doświadczenia prowadzone przez autora dowiodły, że ten sam zakres materiału (dotyczącego logiki matematycznej) bywał opanowywany z pomocą programu komputerowego w czasie od około 15 minut (dla uczniów zdolnych) do ponad 4 godzin (w przypadku uczniów mało zdolnych lub zbyt słabo koncentrujących się na nauce). Jednak - co jest szczególnie godne podkreślenia - po zakończonej nauce wszyscy uczniowie wykazywali (na specjalnie przeprowadzonym teście) podobny poziom opanowania materiału. Zamiast znanego z nauczycielskiej praktyki rozrzutu ocen - zaobserwowano (podobny w charakterze) rozrzut czasu uczenia i liczby wiadomości, jakie program musiał przekazywać uczniom. Czy nie jest to wynik dający wiele do myślenia?

Dodatkowe sprzężenie zwrotne między uczniem i komputerem ma omówione wyżej zalety i powinno być możliwie jak najszerszej stosowane. Równocześnie jednak dobry program dydaktyczny powinien być tak zbudowany, aby komputer dostosowując proces nauczania do możliwości ucznia prowadził także dialog z nauczycielem, któremu raportuje stan procesu nauczania i od którego uzyskuje dyrektywy i polecenia dotyczące zarówno treści, jak i formy oraz przebiegu procesu nauczania. Informacje te są rozmaite: dotyczą ogólnego stanu i postępów wiedzy uczniów; przedstawiają uczniów szczególnie zdolnych lub - przeciwnie - wyjątkowo opieszłych; wykazują, które partie materiału są opanowywane bez trudu, a które sprawiają uczniom kłopoty. Można wreszcie doprowadzić do tego, by program sam przeprowadzał analizę pojawiających się trudności dydaktycznych i sugerował kierunki zmian w procesie nauczania. W szczególności dotyczy to statystyki uczniowskich niepowodzeń i oceny przyczyn niepowodzeń (brak wiadomości, trudności ze zrozumieniem materiału czy też brak umiejętności zastosowania wiedzy?).

Ponieważ nigdy, w żadnym rozsądnie ustawionym systemie nauczania wspomaganego komputerem, nie powinno dochodzić do zerwania tradycyjnego sprzężenia zwrotnego pomiędzy nauczycielem a uczniami, przeto system wyposażony w komputer ma strukturę złożoną z trzech pętli sprzężenia zwrotnego (rys. 8), w której możliwe jest dowolne kształtowanie czasowego przebiegu nabywanych przez uczniów wiadomości - zgodnie z ich możliwościami i potrzebami. Przykładowe przebiegi procesu nauczania dla ucznia bardzo zdolnego oraz dla ucznia mniej uzdolnionego w systemie z komputerowym wspomaganie pokazano na rysunku 9; widać wyraźnie, jak bardzo przebiegi te mogą odbiegać od klasycznej krzywej wykładowej. W tym właśnie: w możliwości uzyskiwania nowej struktury procesu nauczania, w daleko posuniętej indywidualizacji procesu dydaktycznego dla każdego ucznia z osobna oraz w swobodnym kształtowaniu przebiegu czasowego procesu nabywania wiedzy - zasada się istotna, jakościowa nowość związana ze stosowaniem komputerów w dydaktyce. Uświadomienie i zaakcentowanie tego faktu było głównym celem tego artykułu.

## WNIOSKI

Z przedstawionych wyżej rozważań wynika, że stosowanie komputera w nauczaniu jest ze wszech miar celowe i uzasadnione - chociaż naturalnie nie jest *panaceum* na wszelkie szkolne problemy. Wykazano, że stosując technikę komputerową można osiągać znaczne polepszenie procesu nauczania, przy czym dzięki wprowadzeniu (za pomocą komputera) dodatkowych pętli sprzężeń zwrotnych - możliwe są zarówno doskonalenie ilościowych charakterystyk procesu uczenia (zwłaszcza tempa opanowywania wybranego zbioru wiadomości przez uczniów), jak i postęp w zakresie rozwiązań strukturalnych.



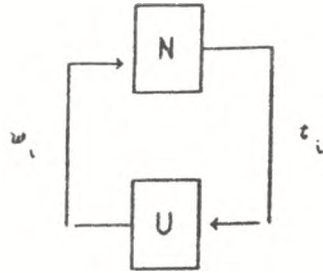
Jednak wszystkie zalety techniki komputerowej w nauczaniu warunkowane są właściwym wykorzystaniem komputera. Składają się na to dwa czynniki: po pierwsze konieczne jest posiadanie sprzętu w takiej ilości, by zapewnić indywidualny kontakt każdego ucznia z komputerem, a po drugie konieczne jest oprogramowanie, zdolne wspomagać proces dydaktyczny w ujęciu wielokierunkowych sprzężeń zwrotnych (uczeń - nauczyciel, komputer - nauczyciel, uczeń - komputer). Zarówno takiej liczby sprzętu, jak i takiego oprogramowania chwilowo nie ma - jednak zadaniem nauki nie jest kontemplowanie zastanej rzeczywistości, lecz wskazywanie kierunków pożądanych zmian - nawet jeśli realizacja formułowanych postulatów wydaje się odległa.

#### BIBLIOGRAFIA

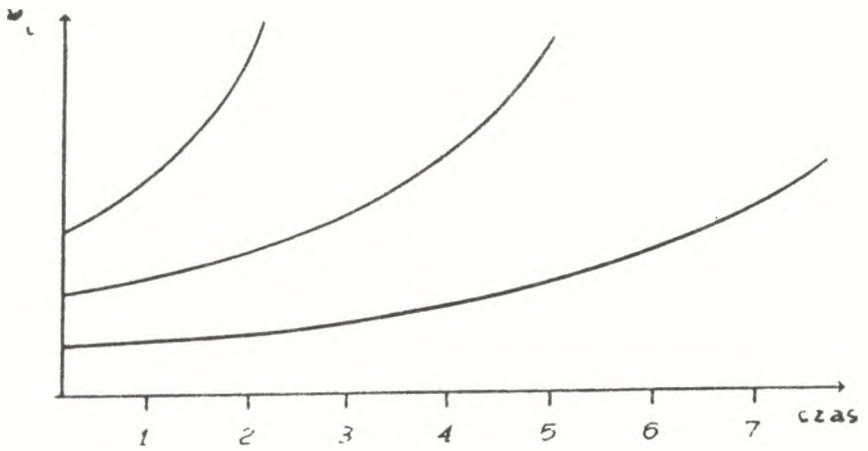
1. Jarmark S., *Komputery w dydaktyce szkoły wyższej*, PWN, Warszawa 1979.
2. Okoń W., *Elementy dydaktyki szkoły wyższej*, PWN, Warszawa 1971.
3. Strizeneć M., *System, człowiek - komputer*, PWN, Warszawa 1984.
4. Kuś J., *Techniczne środki dydaktyczne w szkolnictwie specjalnym*, PWN, Warszawa 1984.
5. Kupisiewicz Cz., *Podstawy dydaktyki ogólnej*, PWN, Warszawa 1984.
6. Proceedings of the 2nd World Conference "Computers in Education" (eds.) O. Lecarme, R. Lewis, North-Holland, Amsterdam 1975.
7. Tadeusiewicz R., *Cybernetyczna interpretacja komputerowego wspomagania procesu dydaktycznego*, Technologia Kształcenia (w druku).

## Abstract

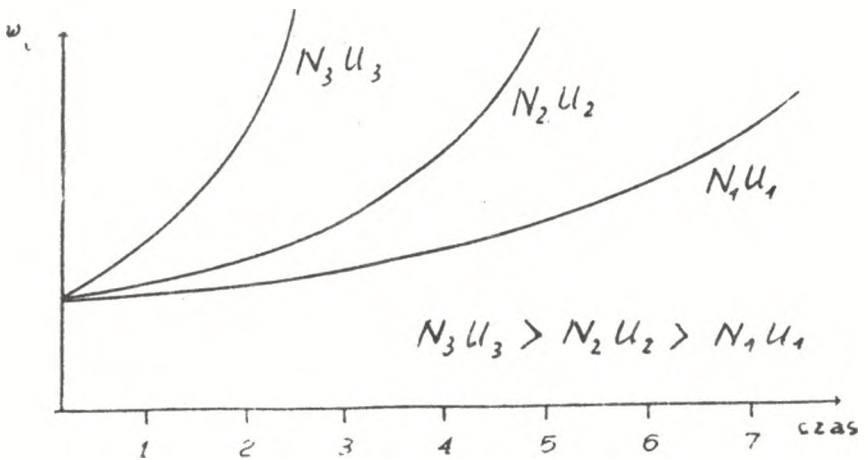
Paper presents cybernetic approach to the design of educational system and its components. Cybernetic models of the teacher, the pupil and some technical elements for education (for example slide projectors) are given and the dependencies between parameters of the system and increasing of teaching performance is studied. Using presented methodology the role of the computer in education is described and studied. The main thesis of this paper is based on the number of feedback control loops: single in classical teacher-pupil system and many, when we use the computers.



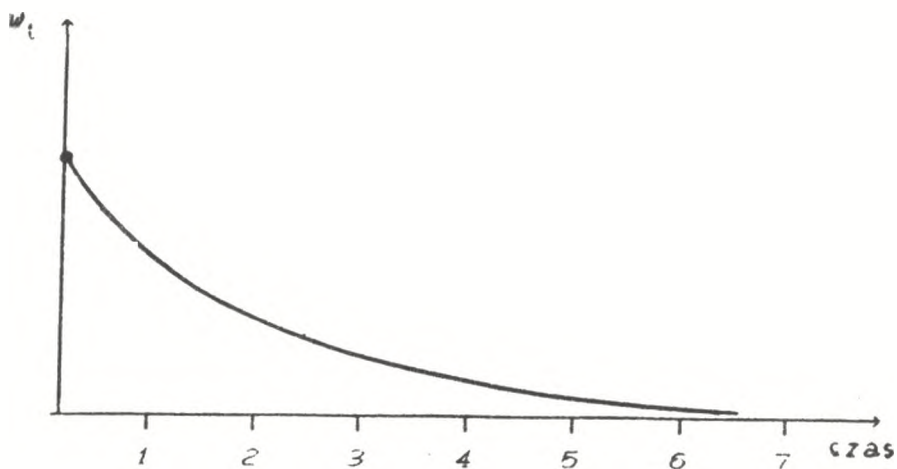
Rys. 1. Schemat blokowy cybernetycznego modelu procesu uczenia



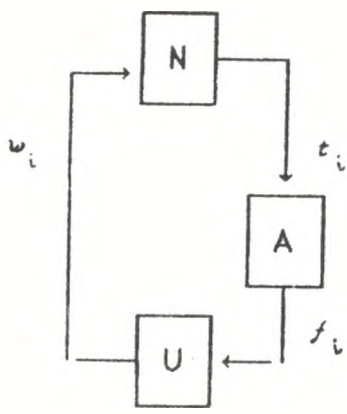
Rys. 2. Zależność postępów w nauce od początkowego stanu wiedzy ucznia



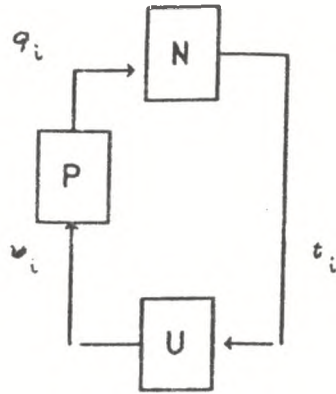
Rys. 3. Zależność efektywności procesu uczenia od iloczynu  $N U$



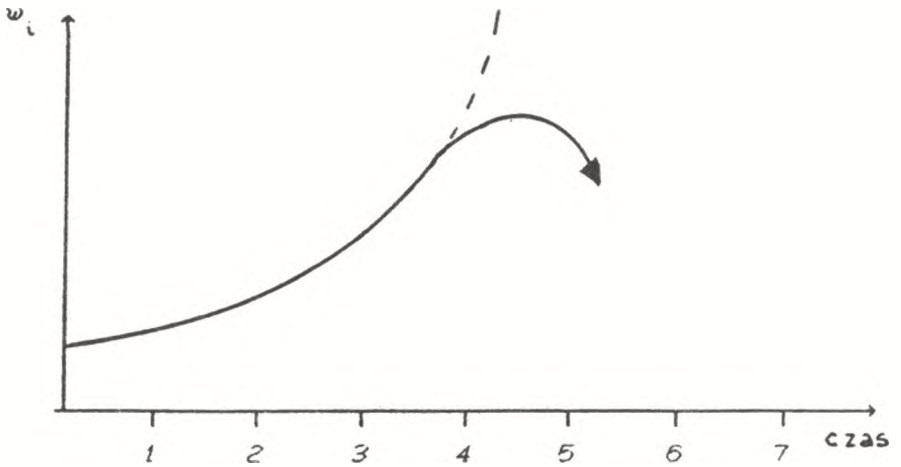
Rys. 4. Spadek wiedzy uczniów wynikający z niewłaściwego uczenia



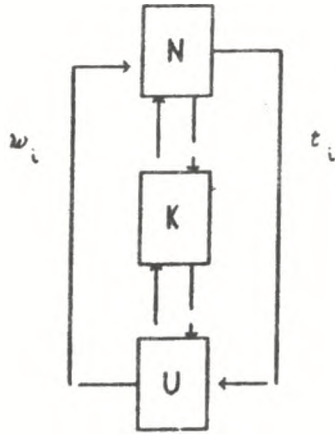
Rys. 5. Schemat blokowy modelu procesu uczenia z udziałem środków zwiększających efektywność przekazu dydaktycznego



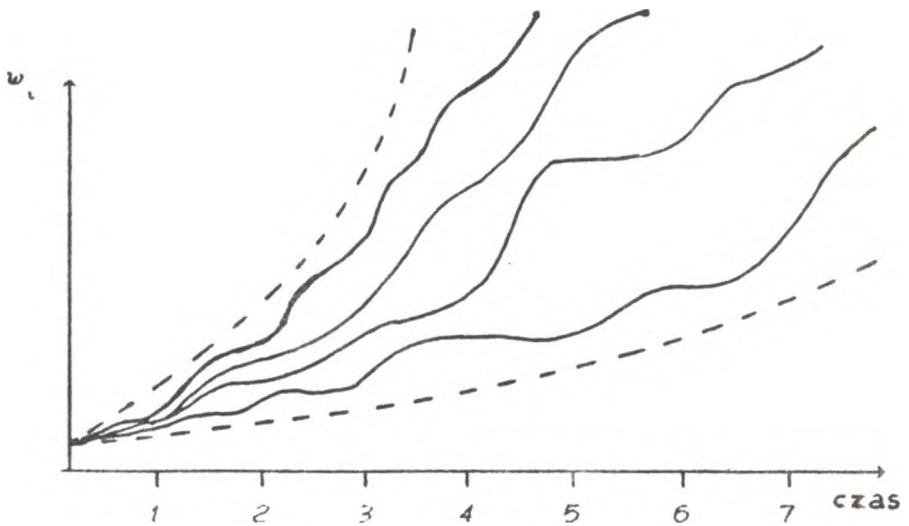
Rys. 6. Schemat blokowy modelu procesu uczenia z udziałem środków udoskonalonego pomiaru dydaktycznego (systemów testujących)



Rys. 7. Objawy niepowodzenia przy nadmiernie forsownym zwiększaniu efektywności procesu uczenia



Rys. 8. Schemat blokowy optymalnego miejsca komputera K w ramach cybernetycznego modelu procesu uczenia



Rys. 9. Przebiegi procesu uczenia przy wykorzystaniu systemu nauczania wspomaganego komputerem