

<http://autonom.edu.pl>

Berezowski E., (red.) 1978, *Problemy modelowania procesów dydaktycznych*. PWN, Warszawa, s. 233.

Część I, s. 42-54.

Zeskanował i opracował: Mirosław Rusek (mirrusek@poczta.onet.pl)

MARIAN MAZUR

Instytut Polityki Naukowej, Postępu Technicznego i Szkolnictwa Wyższego, Warszawa

Modelowanie cybernetyczne i jego przydatność w modelowaniu procesu dydaktycznego

MIEJSCE CYBERNETYKI W NAUCE

Chociaż cybernetyka jako samodzielna dyscyplina naukowa istnieje już od około trzydziestu lat, ciągle jeszcze można się spotkać z różnymi nieporozumieniami na jej temat u autorów nie zajmujących się tą dziedziną wiedzy. Dla jednych jest to dział matematyki, dla innych to dyscyplina zajmująca się komputerami, a jeszcze dla innych - to tylko metoda przedstawiania różnych rzeczy za pomocą schematów składających się z prostokątów i łączących je linii. Towarzyszą temu bezprzedmiotowe spory, czym właściwie jest cybernetyka. Tymczasem wystarczyłoby stwierdzić, że cybernetyka jest to nauka o sterowaniu. Było to wiadome od początku jej istnienia, a nawet jeszcze wcześniej, najpierw bowiem wyodrębniono naukę o sterowaniu, a dopiero potem nazwano ją cybernetyką.

Od definicji cybernetyki ważniejsze jednak jest wyjaśnienie, jakie potrzeby w nauce spowodowały pojawienie się cybernetyki. W nauce tradycyjnej rozróżniano dyscypliny specjalne zajmujące się wyodrębnionymi fragmentami rzeczywistości oraz matematykę jako dyscyplinę ogólną, zajmującą się logicznymi operacjami liczbowymi, mogącymi się ewentualnie przydać do rozwiązywania problemów w dyscyplinach specjalnych.

Biorąc pod uwagę, że matematyka (wraz z logiką matematyczną) to dyscyplina ogólna abstrakcyjna, a dyscypliny specjalne to dyscypliny szczególne konkretne, łatwo zauważyć, że w celu matematycznego rozwiązania jakiegokolwiek problemu specjalnego trzeba przejść od

szczegółu do ogółu oraz od konkretów do pojęć abstrakcyjnych (i z powrotem, przy wykorzystywaniu otrzymanego rozwiązania matematycznego). Im bardziej złożony jest problem, tym większe powstają przy tym trudności, toteż wcześniej czy później musiał się nasunąć pomysł, żeby takiego przejścia dokonywać na raty: osobno od szczególności do ogólności przy zachowaniu konkretności oraz osobno od konkretności do abstrakcyjności przy zachowaniu ogólności (i z powrotem). Wynika stąd potrzeba istnienia dyscypliny ogólnej konkretnej, jako pośredniej między dyscypliną ogólną abstrakcyjną (matematyka) a dyscyplinami szczególnymi konkretnymi (dyscypliny specjalne).

Taką właśnie pośrednią dyscypliną ogólną konkretną jest cybernetyka. Ogólność wiąże cybernetykę z matematyką, a konkretność z dyscyplinami specjalnymi. Dzięki temu problemy cybernetyczne mają zapewnioną matematyzację, a ich rozwiązania są przydatne w każdej dyscyplinie konkretnej, co czyni cybernetykę nauką interdyscyplinarną. Cybernetyka musi się posługiwać ogólną, interdyscyplinarną aparaturą pojęciową, np. sam obiekt badany musi mieć jedną nazwę cybernetyczną, zamiast mnogości nazw występujących w dyscyplinach specjalnych.

Dzięki takim pojęciom matematycznym jak „zbiór elementów” oraz „relacja” można posługiwać się pojęciem „zbiór elementów i zachodzących między nimi relacji”, któremu nadano nazwę „system”. W cybernetyce również korzysta się z pojęcia systemu, ale - wobec konkretności cybernetyki - z ograniczeniem do elementów rzeczywistych i do relacji będących oddziaływaniami. Rzecz jasna, nie słowo „system” jest tu istotne, lecz „zbiór elementów rzeczywistych i zachodzących między nimi oddziaływań”. Gdyby zamiast słowa „system” dobrano jakiegokolwiek inne, nie miałyby to najmniejszego wpływu na użyteczność omawianego pojęcia.

Tylko nieznamość tych spraw tłumaczy skłonność różnych autorów do roztrząsania, co też słowo „system” może znaczyć, cytowania definicji podawanych w różnych publikacjach i komponowania własnych.

Do nieporozumień podobnego rodzaju należy traktowanie „podejścia systemowego” (tj. posługiwania się pojęciem „system”) jako czegoś odrębnego od cybernetyki albo traktowanie cybernetyki jako części teorii systemów. Źródłem nieporozumień tego rodzaju była rywalizacja rozmaitych środowisk naukowych w pretendowaniu do stworzenia czegoś rzekomo odmiennego od cybernetyki, wywołująca zamęt terminologiczny.

Cybernetyka to dyscyplina samoistna, która wysuwa i rozwiązuje problemy własne, co nie przeszkadza, że ich rozwiązania bywają zarazem rozwiązaniami problemów specjalnych, często nawet zanim te problemy zostały sprecyzowane w dyscyplinach specjalnych.

Z cybernetyką jest podobnie jak z matematyką, w której przecież do stworzenia koncepcji walca i opracowania wzorów na jego objętość, powierzchnię itp., nie było potrzebne, żeby przedtem tokarze toczyli walce.

Przedstawione komentarze pozwalają uniknąć nieporozumień na tle pojmowania modelowania cybernetycznego.

SYSTEMY CYBERNETYCZNE A OBIEKTY RZECZYWISTE

Do uzyskiwania informacji o obiektach rzeczywistych można wykorzystywać odpowiadające im systemy cybernetyczne. Opracowywanie takich systemów jest niemal powszechnie, choć niesłusznie, utożsamiane z modelowaniem cybernetycznym. Tymczasem istnieją dwie możliwości:

1) system cybernetyczny spełnia postulaty definicyjne obiektu rzeczywistego: jest jego modelem, a poszukiwanie takiego modelu jest modelem cybernetycznym obiektu;

2) obiekt rzeczywisty spełnia postulaty definicyjne systemu cybernetycznego: jest konkretnym przykładem systemu cybernetycznego stanowiącego wzorzec, a poszukiwanie takiego obiektu jest egzemplifikacją wzorca.

Na pozór jest to tylko odwrócenie kolejności: w pierwszym przypadku najpierw jest obiekt, dla którego szuka się systemu cybernetycznego, w drugim zaś najpierw jest system cybernetyczny, dla którego szuka się obiektu. Jednakże różnice są bardziej istotne:

Praktycznie nie było możliwe sformułowanie ścisłej definicji obiektu rzeczywistego ani skonstruowanie dokładnego modelu według takiej definicji, ani zmatematyzowanie działania takiego modelu. A gdyby tego dokonano, cały trud byłby zbędny, ponieważ otrzymany model byłby dokładną kopią obiektu, a wobec tego zamiast w modelu wystarczyłoby szukać informacji o obiekcie w nim samym.

Z konieczności więc, skoro model nie może obejmować wszystkiego, postuluje się, żeby przynajmniej ujmował sprawy istotne. Niestety, co jest istotne dla jednych, niekoniecznie jest uważane za istotne przez innych. Na przykład, jakie postulaty uważać za istotne w definicji mającej służyć do opracowania cybernetycznego modelu organizmu człowieka, społeczeństwa? Wyrazistą ilustracją podobnych trudności jest klasyczny już spór na temat „człowiek i maszyna”, w którym modelowanie komputerowe procesów psychicznych było z reguły kwestionowane przez psychologów jako nie adekwatne. Poza tym

do opracowania modelu jakiegokolwiek obiektu trzeba ten obiekt znać, a wobec tego nie otrzyma się o nim z jego modelu żadnych nowych informacji.

Tak więc modelowanie jest uproszczonym przedstawianiem informacji już znanych. Dzięki przejrzystości schematów, prostocie wzorów matematycznych itp. jest ono przydatne do celów dydaktycznych. Gdy się je chce wykorzystać do celów poznawczych, trzeba wprowadzać pewne założenia (ciągłości przy ekstrapolacji, analogiczności przy miniaturyzacji itp.), ale jest to równoznaczne z wprowadzaniem dodatkowych informacji spoza obiektu opartych na przeświadczeniu o ich prawdziwości. Wartość takiego przeświadczenia jest kwestią mniejszego czy większego prawdopodobieństwa zależnego od liczby potwierdzeń empirycznych.

Inaczej jest z wzorcami cybernetycznymi. Nie ma tam wątpliwości co do postulatów definicyjnych wzorca, gdyż od ich wysunięcia problem się zaczyna, i to niezależnie od istnienia jakichkolwiek obiektów rzeczywistych (dlatego właśnie wzorzec nie jest modelem niczego).

Jeżeli następnie znajdzie się jakieś obiekty spełniające, postulaty definicyjne wzorca, to pomimo braku kompletnych definicji tych obiektów można twierdzić, że rozwiązanie problemu z pewnością się do nich odnosi, na takiej zasadzie, że to co jest słuszne ogólnie jest słuszne w każdym przypadku szczególnym. Dzięki temu z rozważań nad wzorcem otrzymuje się o obiektach informacje nowe i niewątpliwe.

Inaczej mówiąc, opracowanie modelu opiera się na metodzie analogii (między modelem a obiektem), natomiast opracowanie wzorca opiera się na metodzie generalizacji (wzorca względem obiektów jako przypadków szczególnych).

Fakt, że w tytule niniejszego artykułu figuruje wyraz „modelowanie”, jest prowizorycznym ustępstwem na rzecz rozpowszechnionego nawyku nazywania tym wyrazem wszelkiego traktowania systemów cybernetycznych jako źródła informacji o obiektach rzeczywistych, bez rozróżnienia czy chodzi o metodę analogii (model cybernetyczny), czy też o metodę generalizacji (wzorzec cybernetyczny). Natomiast w treści tej pracy, a mianowicie w problematyce zastosowania cybernetyki w procesie dydaktycznym, będzie wykorzystany wzorzec cybernetyczny (a nie model cybernetyczny).

PRZETWORNIKI INFORMACJI

Rozpatrzmy system cybernetyczny jako wzorzec służący do przetwarzania informacji, czyli p r z e t w o r n i k i n f o r m a c j i. W najogólniejszej postaci przetwornikiem

informacji mogłaby być nawet bezkształtna bryła jakiejś substancji, pośrednicząca między receptorami wykrywającymi bodźce w otoczeniu a efektorami wywołującymi reakcje w otoczeniu. Istotne jest, że aby bodźce mogły wywoływać reakcje, potrzebny jest przepływ energii w przetworniku, do tego zaś konieczne jest występowanie w nim różnic potencjałów.

W związku z tym można wyodrębnić tor informacyjny, wzdłuż którego kolejnymi informacjami są:

- 1) transformacja stanu bezbodźcowego w bodziec (w otoczeniu);
- 2) transformacja receptorowego potencjału pierwotnego w potencjał bodźcowy (na wejściu przetwornika);
- 3) transformacja efektorowego potencjału pierwotnego w potencjał reakcyjny (na wyjściu przetwornika);
- 4) transformacja stanu bezreakcyjnego w reakcję (w otoczeniu).

Oznaczając receptorowy potencjał pierwotny przez V_0 , potencjał bodźcowy przez V , oraz informację, jaką stanowi transformacja V_0 w V , przez I , można napisać:

$$V = IV_0 \quad (1)$$

Równanie to określa informację I wprowadzaną do przetwornika przez pojawienie się bodźca w otoczeniu.

Im większa jest różnica potencjałów $V - V_0$, tym większa moc K popłynie w przetworniku.

Określając stosunek mocy do różnicy potencjałów jako przewodność G substancji przetwornika

$$G = \frac{K}{V - V_0} \quad (2)$$

otrzymuje się z tego równania

$$V = V_0 + \frac{K}{G} \quad (3)$$

Z porównania pierwszego i ostatniego równania wynika, że z fizycznego punktu widzenia informacja określa się wzorem

$$I = +\frac{K}{G} \quad (4)$$

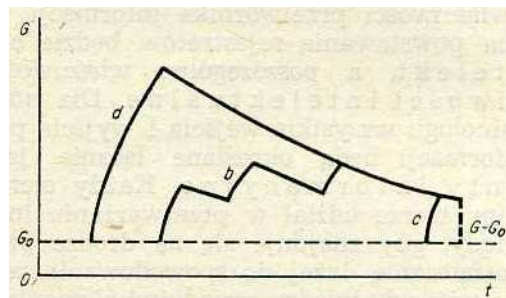
Gdy bodziec zniknie, wówczas potencjał V zmaleje aż do zrównania się z potencjałem pierwotnym ($V - V_0 = 0$), a wobec tego, jak wynika ze wzoru (3), musi być $\frac{K}{G} = 0$, co oznacza, że przepływ mocy K ustanie ($K = 0$).

Jedyną wielkością, która pomimo ustania bodźca może pozostać bez zmiany jest przewodność G . W takim przypadku bodziec nie pozostawiłby żadnego śladu w przetworniku; mówiąc potocznie, taki przetwornik informacji byłby pozbawiony pamięci.

Jeżeli jednak przetwornik jest utworzony z takiej substancji, w której wskutek przepływu mocy przewodność wzrasta, to po ustaniu bodźca pozostaje po nim ślad w postaci zwiększonej przewodności. Dzięki temu powtórne pojawienie się takiego samego bodźca, a więc wywołującego ponownie taki sam potencjał V , spowoduje przepływ zwiększonej mocy K .

A zatem, jak na to wskazuje wzór (4), w fizycznym traktowaniu informacji należy rozróżniać: r e j e s t r a t informacji (przyrost przewodności G) i k o r e l a t informacji (moc K). Rejestrat jest biernym czynnikiem informacji, gdyż samo istnienie przyrostu przewodności nie może spowodować reakcji. Natomiast korelat jest czynnym czynnikiem informacji, ponieważ, przepływ mocy może spowodować reakcję któregoś efektora (przez dostateczne zwiększenie potencjału na jego wejściu). Znak plus we wzorze (4) oznacza, że informacja jest transformacją polegającą na operacji dodawania, a mianowicie na zwiększeniu potencjału w określonym punkcie przetwornika ponad potencjał pierwotny (sprzed pojawienia się bodźca). Dopóki trwa bodziec, a więc i różnica potencjałów w przetworniku, dopóty trwa w nim przepływ mocy, powodując wzrastanie przewodności, co z kolei przyczynia się do wzrastania mocy itd. Inaczej mówiąc, między mocą a przewodnością występuje sprzężenie zwrotne dodatnie, przy czym jest ono zbieżne, tj. przyrosty mocy i przewodności stają się coraz mniejsze z upływem czasu. Gdyby sprzężenie było rozbieżne, tj. gdyby przyrosty mocy i przewodności były coraz większe dążąc do nieskończoności, to wskutek nadmiernej koncentracji energii nastąpiłoby wreszcie zniszczenie przetwornika. A zatem rejestracja czyli - wzrastanie przewodności musi przebiegać coraz wolniej i kończy się takim rejestratem, jaki zdążył powstać do chwili ustania bodźca. Po ustaniu bodźca znika korelat, a pozostaje tylko sam rejestrat, który (wskutek fizycznych procesów samowyrównawczych) z upływem czasu maleje z szybkością zależną od rodzaju substancji przetwornika, tzn. odbywa się d e r e j e s t r a c j a.

Rejestrat istniejący w danej chwili jest wynikiem uprzednich procesów rejestracji i derejestracji. Rycina 1 przedstawia przyrosty przewodności G ponad przewodność początkową G_0 (rejestracja) i ich ubytki z upływem czasu (derejestracja);



Ryc. 1

taki sam rejestrat może być spowodowany przez:

- a) bodziec silny (choć dawny);
- b) bodziec wielokrotny;
- c) bodziec świeży (choć słaby).

W procesach sterowania są to okoliczności pomyślne, gdyż statystycznie użyteczniejsze są:

- 1) informacje o bodźcach silnych, jako mogących wywoływać znaczne skutki, niż o bodźcach słabych;
- 2) informacje o bodźcach wielokrotnych, niż jednorazowych, które mogą się nigdy więcej nie powtórzyć;
- 3) informacje o bodźcach świeżych, dotyczących sytuacji jeszcze trwającej, niż o bodźcach dawnych.

Wskutek rejestracji przybywa rejestratów, ale i ubywa ich wskutek derejestracji, toteż możliwości wytwarzania rejestratów są ograniczone, trzeba więc nimi racjonalnie gospodarować.

Wynika stąd wskazówka dydaktyczna, że nauczanie jest użyteczne, gdy obejmuje:

- 1) informacje doniosłe (a nie błahe);
- 2) informacje typowe (a nie incydentalne);
- 3) informacje aktualne (a nie przestarzałe).

WŁAŚCIWOŚCI INTELEKTUALNE

Stan rejestratów skojarzeń zależy od zdarzeń w otoczeniu (okoliczności zewnętrzne) oraz od właściwości przetwornika informacji (okoliczności wewnętrzne). Zespół właściwości przetwornika informacji wpływających na powstawanie rejestratów będzie określany jako *i n t e l e k t*, a poszczególne właściwości jako *w ł a ś c i w o ś c i i n t e l e k t u a l n e*. Dla udogodnienia terminologii wszystkie wejścia i wyjścia przetwornika informacji będą określane łącznie jako *j e g o e l e m e n t y i n f o r m a c y j n e*. Każdy element informacyjny bierze udział w przetwarzaniu informacji tylko wtedy, gdy znajduje się na drodze przepływu mocy dostatecznie dużej do spowodowania reakcji efektora, a więc gdy między sąsiednimi elementami występuje dostatecznie duża przewodność. Przewodność taka stanowi rejestrat skojarzenia między dwoma bodźcami, między bodźcem a reakcją, między dwiema reakcjami.

Powstawanie rejestratów zależy w szczególności od rodzaju substancji przetwornika informacji oraz od liczby i rozmieszczenia jego elementów informacyjnych, a mianowicie:

Im większa jest liczba elementów informacyjnych (*p o j e m n o ś ć i n f o r m a c y j n a*, *i n t e l i g e n c j a*), tym więcej może powstać różnych rejestratów.

Im większy jest stosunek przyrostu przewodności do wywołującej go mocy (*r e j e s t r a c y j n o ś ć*, *p o j ę t n o ś ć*), tym słabsze lub rzadsze lub dawniejsze bodźce mogą wywołać dostatecznie duże rejestraty.

Im mniejszy jest stosunek odległości między elementami korelacyjnymi do odległości średniej (*p r e f e r e n c y j n o ś ć*, *t a l e n t*), tym słabsze, rzadsze lub dawniejsze bodźce mogą wywołać dostatecznie duże rejestraty.

Wynika stąd wskazówka dydaktyczna, że nauczanie jest skuteczne, gdy obejmuje:

- 1) przetwarzanie informacji w ilości odpowiadającej inteligencji nauczanych;
- 2) przetwarzanie informacji z szybkością odpowiadającą pojętności nauczanych;
- 3) przetwarzanie informacji zróżnicowanych odpowiednio do talentu nauczanych.

RODZAJE INTELEKTU

Ponieważ właściwości intelektualne są od siebie niezależne (nie ma współzależności między rodzajem substancji przetwornika informacji oraz liczbą i rozmieszczeniem elementów informacyjnych), więc przez ich kombinacje można wyodrębnić poszczególne rodzaje intelektu. Liczba ich zależy od szczegółowości skali każdej właściwości. Jeżeli

przyjąć tylko dwie wartości (mała - duża), to otrzymuje się 8 następujących rodzajów intelektu:

- 1) niska inteligencja, mała pojętność, brak talentu („debilizm”);
- 2) wysoka inteligencja, mała pojętność, brak talentu („ogólna inteligencja”);
- 3) niska inteligencja, duża pojętność, brak talentu („dobra pamięć”);
- 4) niska inteligencja, mała pojętność, wyraźny talent („pomysłowość”);
- 5) wysoka inteligencja, duża pojętność, brak talentu („erudycja”);
- 6) niska inteligencja, duża pojętność, wyraźny talent („intuicyjna celność”);
- 7) wysoka inteligencja, mała pojętność, wyraźny talent („stopniowe doskonalenie”);
- 8) wysoka inteligencja, duża pojętność, wyraźny talent („genialność”).

Gdyby przyjąć trzy wartości (mała - przeciętna - duża) dla każdej skali, to otrzymałoby się 27 rodzajów intelektu, a więc systematykę o szczegółowości z pewnością wystarczającej dla potrzeb praktyki. Ponieważ jednak przedstawianie jej tutaj nie wniosłoby nic nowego do samej zasady tworzenia kombinacji, więc poprzestaniemy na zestawieniu wymienionych 8 rodzajów intelektu.

W rozważaniach z dydaktycznego punktu widzenia można pominąć dwa skrajne rodzaje intelektu, jako że dla pierwszego (debilizm) żadna metoda nauczania nie jest dość skuteczna, a dla ostatniego (genialność) każda jest dość skuteczna.

W pozostałych sześciu kombinacjach można wyodrębnić dwie ich grupy, z których jedna obejmuje rodzaje intelektu (2, 3, 4) o jednej dużej właściwości intelektualnej, druga zaś rodzaje intelektu (5, 6, 7) o dwóch dużych właściwościach intelektualnych (spośród trzech mogących wchodzić w grę). Rozróżnienie ich umożliwia orientacyjną predykcję zawodową i odpowiednie do tego dostosowanie nauczania.

Osobnicy o jednej dużej właściwości intelektualnej są przydatni do pracy niżej kwalifikowanej (wykonawczej), przy czym można przypuszczać, że:

- 1) pracownicy inteligentni (2) będą sobie dawać radę nawet w okolicznościach odbiegających od podanych w instrukcji;
- 2) pracownicy pojętni (3) będą solidnie wykonywać ściśle instrukcje;
- 3) pracownicy uzdolnieni (4) będą zręcznie wykonywać nawet ogólnie podane instrukcje w zakresie swoich uzdolnień.

Można się spodziewać, że wskutek braku talentu u osobników o rodzaju intelektu 2 lub 3 wybór zawodu będzie dla nich sprawą dość obojętną i zostanie rozstrzygnięty przez okoliczności uboczne, jak np. istnienie miejscowej szkoły zawodowej, naśladowanie kolegów, nadzieja na większe zarobki itp.

Osobnicy o dwóch dużych właściwościach intelektualnych są przydatni do pracy wyżej kwalifikowanej (samodzielnej), przy czym można przypuszczać, że będą to:

1) pracownicy nietwórczy (5), ale o rozległej i głębokiej wiedzy, np. naukowcy, którzy zajmują się tylko wykładami i pisaniem podręczników, ale robiący to znakomicie;

2) pracownicy twórczy (6) odznaczający się nieoczekiwanymi inicjatywami, zwykle jednak nie dopracowanymi, np. naukowcy, którzy łatwo dochodzą do odkrywczych idei, ale wymagających rozwijania przez kontynuatorów;

3) pracownicy twórczy (7), którzy osiągają mistrzostwo, ale po wielokrotnym poprawianiu, np. naukowcy doskonalący latami swoje nieliczne choć świetne dzieła.

Można się spodziewać, że wskutek braku talentu osobnicy o rodzaju intelektu 5 będą z reguły mieć trudności z wyborem zawodu, jako że dzięki inteligencji i pojętności mogliby w każdym osiągać sukcesy nietwórcze. W dokonywaniu wyboru nie może pomóc szkoła, w każdym bowiem szkolnym przedmiocie „są dobrzy”.

WNIOSKI

Nauczanie powinno zatem obejmować:

- 1) informacje doniosłe, typowe i aktualne;
- 2) przetwarzanie informacji w ilości odpowiedniej do inteligencji, z szybkością odpowiednią do pojętności, i w rodzaju odpowiednim do talentu nauczanych;
- 3) zakres informacji dostosowany do rodzaju intelektu nauczanych, a przez to do prawdopodobnego rodzaju ich pracy zawodowej.

Przedstawione zalecenia zostały sformułowane niezależnie od indywidualnych poglądów na nauczanie.

Opierają się one wyłącznie na twierdzeniach ogólnych dotyczących systemu cybernetycznego stanowiącego przetwornik informacji. Przetwornik informacji nie jest modelem człowieka, lecz człowiek jest szczególnym przypadkiem przetwornika informacji. Dlatego też wspomniane twierdzenia odnoszą się m.in. do człowieka, chociaż zostały postawione bez odwoływania się do wiedzy o człowieku.

Od podanych zaleceń daleko odbiega dotychczasowa praktyka pedagogiczna, w której ciągle jeszcze ideałem nauczania jest jego jednolitość i nastawienie na przeciętność nauczanych. Programy nauczania są przeładowywane informacjami zbędnymi, a ulubioną postawą nauczycielską jest dopatrywanie się źródła marnych efektów nauczania w „lenistwie” nauczanych i dążenie do jego „przełamania” represjami.

Tymczasem nic się tu przełamać nie da, gdyż nikt nie potrafi zwiększyć sobie liczby elementów informacyjnych w mózgu ani zmienić ich rozmieszczenia, ani też zastąpić czym innym substancji swego mózgu.

Oczywiście, można dzięki wysiłkom zwiększyć rejestraty otrzymywanych informacji (stąd pojęcie ucznia „pilnego” jako wzorowego). Ale gdy trud ten jest znaczny, świadczy to, że w grę wchodzi informacja nieodpowiednie dla właściwości intelektualnych nauczanego. Nie zmienia istoty rzeczy zastosowanie metod dydaktycznych umożliwiających niejako zmniejszenie trudu.

Podstawową kwalifikacją pedagogiczną powinna być umiejętność rozeznawania właściwości intelektualnych każdego nauczanego.

Występujące w tym artykule takie wyrazy potoczne, jak inteligencja, pojętność, talent itp., nie naruszają rygorów cybernetycznej ścisłości, gdyż opiera się ona na definicjach rozpatrywanych zjawisk, a nie na domniemaniach znaczeń przypisanych im terminów. Gdyby dobrać inne terminy, twierdzenia te nie przestałyby być słuszne.