

MIKOŁAJ Ł. LIPOWSKI
Uniwersytet Warszawski

NA POGRANICZU DYSCYPLIN NAUKOWYCH. INFORMATYKA A PEDAGOGIKA

ABSTRACT. Lipowski Mikołaj Ł., *Na pograniczu dyscyplin naukowych. Informatyka a pedagogika* [On the border of education and informatics], „Neodidagmata” 25/26, Poznań 2003, Adam Mickiewicz University Press, pp. 47-56. ISBN 83-232-1366-6, ISSN 0077-653X.

At the doorway of the 21st century we face a very important challenge – how to take advantage of one of the greatest achievements of man's invention of the 20th century and put it into practical use on everyday basis. This relates to the microelectronic world of science. The discovery of microelectronic technology allows to produce machines on a mass scale which are called computers. In spite of the fact that the address (applicational) field of these machines grows from day to day and our planet is surrounded by a network of data highways, we still don't know enough about how to take advantage of the computer world to support the educational process. These have been present for many years now (computers) but the constant stream of information which could be selected as part of education being supported by computers, has created a complex arrangement of information networks. From this point of view, the potential and identifiable numbers of the structural and methodological solutions are growing, thus allowing the achievement of assigned educational targets. We have a problem, however, which consists in the fact that the greater the number of these solutions present, the more difficult an equivocal decision – meaning which particular way (ways) are the most efficient and most effective; an unknown equation for teachers today. This publication therefore is an attempt to assign the subject of entropy for the purposes of using the mathematical theory of information. In this light, such deliberations have a theoretical nature but at the same time, evince the fact that to support the educational process through computers could have a very essential influence on the development of the productivity process. This conclusion (as above) is not imbued with an intuitive profile but rather, is the result of specific calculations. Such a formulation is one more argument for scientific inroads into this area to look for an educational model for the 21st century. There is much that points out that the present system of education is very much worn out when confronted with the needs and expectations of our civilisation. It may be possible to renovate and update this educational model for some time yet, which has been the case for several decades. The time though is coming for a 'Total New'!

Our dilemma is – are we able to design one sensibly?!

Mikołaj Ł. Lipowski, Katedra Technologii Kształcenia, Wydział Pedagogiczny, Uniwersytet Warszawski, ul. Mokotowska 16/18, 00-561 Warszawa.

Mija około dwudziestu lat odkąd mikroelektronika robi oszałamiającą karierę w różnego rodzaju działalności ludzkiej. Proces ten wzbudza zainteresowanie uczonych i fascynuje społeczeństwa, czego wyrazem są różnego rodzaju publikacje w mass mediach i literaturze fachowej. Słowo **komputer**, określające maszynę o tej nazwie, coraz bardziej zadomawia się w naszym codziennym życiu do tego stopnia, że w przewidywalnie niedługim czasie może stać się tak ważne, jak np. oddychanie, jedzenie, spanie itp. O ile procesy fizjologiczne są naturalnym darem przypisanym człowiekowi, o tyle komputer jest wytworem myśli ludzkiej. To rozgraniczenie wydaje się bardzo ważne, aby przypadkiem nie przecenić tego genialnego wynalazku XX wieku. Nic nie ujmując procesowi komputeryzacji ludzkiej działalności, trzeba racjonalnie na niego spojrzeć. O wadze tego zagadnienia dla naszej egzystencji świadczy między innymi fakt zajęcia się nim przez Klub Rzymski. Opublikowany w 1982 r. raport, na zlecenie tej szanownej instytucji społecznej, zatytułowany *Microelectronics and Society – For Better or For Worse*¹ (przetłumaczony na język polski i wydany w 1987 r. przez Książkę i Wiedzę), jest wieloprzekrojowym studium tego przedmiotu skłaniającym do dalszych rozważań. Dwaj, o światowej renomie, uczeni – Günter Fridricks i Adam Szaff – edytorzy tego raportu, bardzo trafnie dobierając autorów poszczególnych rozdziałów tego dzieła, przedstawili światu dokument o randze trudnej do przecenienia.

Od tego czasu minęło już ponad 20 lat. Wiele w tym okresie napisano nowego na ten temat, ale przede wszystkim postęp technologiczno-techniczny zrodził nowe generacje maszyn zwanych komputerami, których możliwości aplikacyjne istotnie się zwiększyły. W praktyce oznacza to, że komputery używane są w coraz rozleglejszym obszarze ludzkiej działalności. Na marginesie tych rozważań warto zdawać sobie sprawę z tego, że powszechnie używane przenośne komputery typu *notebook* w latach pięćdziesiątych praktycznie nie miały swojego odpowiednika wśród tzw. elektronicznych maszyn cyfrowych. Gdyby jednak założyć, że w technice lampowej powstałby taki komputer, to potrzebny byłby na jego pomieszczenie spory budynek, a moc elektryczna niezbędna do jego zasilania sięgnęłaby poziomu MW (megawatów). Z drugiej strony, patrząc w przyszłość rozwoju technik komputerowych, poszukujemy odpowiedzi na pytanie: „czy uda się zbudować myślącą maszynę?”. Dzisiejsze komputery rozwiązują złożone zadania matematyczne, np.: potrafią rozwiązywać bardzo złożone równania różniczkowe, czy też grać w szachy na stosunkowo wysokim poziomie. Mimo to w odniesieniu do problemów rzeczywistego świata osiągają co najwyżej poziom inteligencji homara. Interesującą dyskusję na ten temat przeprowadzono na łamach „Scientific American”, która jest dostępna w języku polskim w pierwszym numerze polskiej edycji tego periodyku². Profesor filozofii z University of California w Berkeley – John R. Searle sądzi, że programy komputerowe nigdy nie posiadą rozumu. Natomiast profesorowie filozofii – Paul

¹ Pergamon Press – Oxford – New York – Toronto – Sydney – Paris – Frankfurt
² „Świat Nauki” nr 1, lipiec 1991 r.

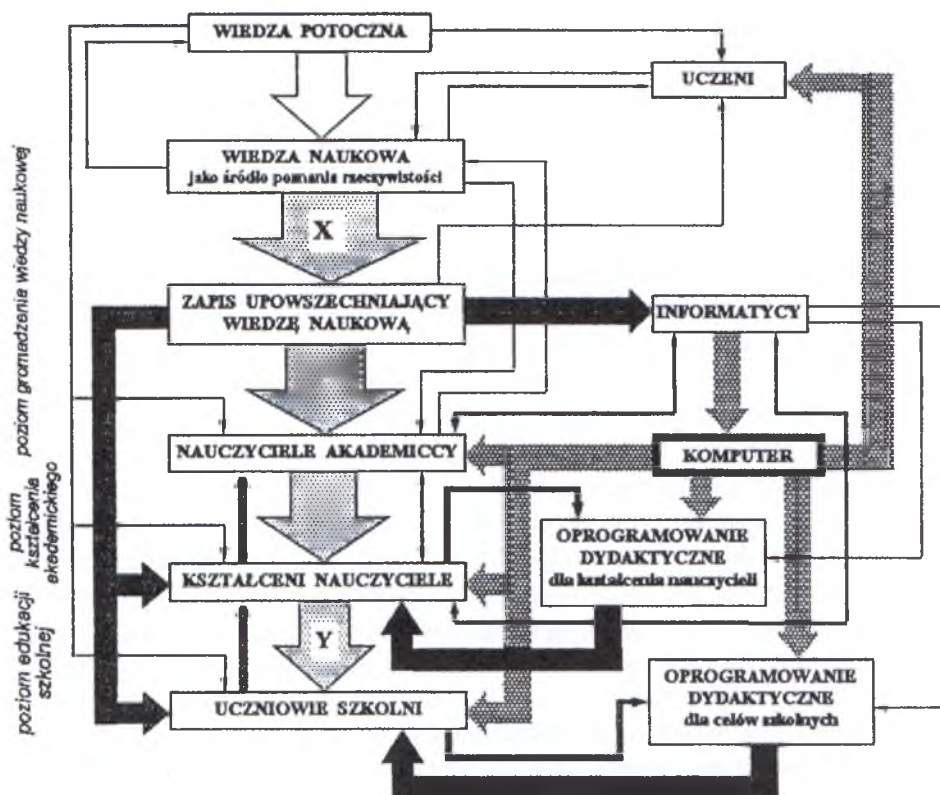
M. Churchland i Patricia Smith Churchland z University of California w San Diego, uważają, że obwody modelujące mózg ludzki mogą przejawiać inteligencję. Odsyłam czytelników do tej fascynującej dyskusji, której implikacja sięga zasadniczego problemu dręczącego od wielu tysiącleci ludzkość – co to znaczy myśleć?

Wracając do głównego nurtu rozważań, jeszcze w XIX stuleciu pojawiły się nowe idee pedagogiczne związane z wprowadzeniem maszyn dydaktycznych do procesu nauczania-uczenia się. Oficjalnie jednak za prekursora tego rozwiązania uważa się amerykańskiego psychologa – Sidneya L. Presseya z Uniwersytetu w Ohio, który w 1926 roku opisał konstrukcję i zastosowanie prostego urządzenia do testowania, podliczania wyników i uczenia³. Nie chodzi w tym wypadku o prowadzenie sporów, kto był pierwszy, ale o to, że dzisiaj, po upływie dziesiątków lat, ta idea dzięki komputerom nabrała nowego znaczenia. Szkoła wyposażona w komputery, informatyka w edukacji, to obecnie prawie powszechność, aczkolwiek z pełnym pedagogicznym uzasadnieniem tego faktu nie jest najlepiej. Oczywiście z wielu już przeprowadzonych badań nad wykorzystaniem komputerów w edukacji wynika, że można osiągnąć określone cele nauczania szybciej i lepiej niż w konwencjonalny sposób. Zachodzi jednak pytanie, czy te przesłanki są wystarczające do powszechnego wdrażania komputeryzacji w edukacji? Z jednej strony wydaje się, że takie przesłanki są wystarczające, szczególnie w kontekście rozważań o komputerach jako urządzeniach technicznych, z którymi człowiek chcąc nie chcąc musi się stykać w swoim życiu, w coraz to większej gamie różnych ról społecznych. Skoro, aby móc dobrze spełniać te role społeczne, trzeba umieć posługiwać się komputerami, to najlepiej już w okresie powszechnej edukacji zorganizowanej nauczyć się tego, a jeszcze lepiej opanować tę umiejętność przy okazji wspomaganej komputerowo realizacji programów szkolnych. Takie uzasadnienie mogłoby wystarczyć, gdyby z drugiej strony nie zwracać uwagi na szereg teoretycznych i praktycznych problemów wyłaniających się z głębokiej analizy tego zagadnienia.

Na pierwszy plan wysuwa się rozstrzygnięcie, co może komputer wnieść dobrego, a co złego, do tak realizowanego procesu dydaktycznego. Zaczniemy te rozważania od negatywów. Komputer w mniejszym lub większym stopniu odsuwa nauczyciela od bezpośredniego kontaktu z uczniem, przez co narusza dotychczasową podmiotowość tych kontaktów. Relacja „człowiek – maszyna – człowiek”, przez którą należy rozumieć układy: „nauczyciel – komputer – uczeń” lub „uczeń – komputer – uczeń”, pozostaje relacją z dominacją człowieka. Nauczyciel powinien zdawać sobie z tego faktu sprawę, natomiast uczeń najczęściej mimo tej oczywistej prawdy w praktyce nie będzie tego odczuwać. Można założyć, że komputer w tym wypadku, jako bezduszna maszyna, będzie w większym stopniu odpodmiotowywał relację pomiędzy uczącym się a nauczającym, która i tak w tradycyjnym wydaniu

³ S.L. Pressey, *A Simple Apparatus Which Gives Test and Scores – and Teachers “School and Society”* 1926, nr 23 z 20.03., s. 373-376 (za E. Berezowskim, *Maszyny dydaktyczne*, PZWS, Warszawa 1968).

„uczeń-nauczyciel” ciągle w praktyce jest daleka od pożądanej i postulowanej równorzędnej podmiotowości obu elementów tego systemu. Aby móc głębiej wniknąć w istotę tego zagadnienia przyjrzyjmy się poniższemu schematowi blokowemu, który jest próbą zilustrowania przebiegu informacji w procesie nauczania-uczenia się wspomagane komputerowo.



MODEL PRZEPŁYWU INFORMACJI NA POTRZEBY EDUKACJI

Powyższy schemat ukazuje złożoność tego układu. Przy jego opracowywaniu zostały przyjęte pewne założenia, które z jednej strony prowadzą do określonych uproszczeń, a z drugiej, pozwalają się skoncentrować na istotnych, z punktu widzenia dydaktycznego, relacjach.

Po pierwsze, założono posiadanie przez nauczyciela wykształcenia na poziomie akademickim. Po drugie, przyjęto istnienie i funkcjonowanie sieci informatycznej powszechnie dostępnej. I po trzecie, pominięto problem powszechnego przygotowania informatycznego, co będzie jeszcze tematem osobnych rozważań w dalszej części tego opracowania.

Model przepływu informacji na potrzeby edukacyjne należy analizować w świetle teorii informacji, co sprowadza się do takich działań, które będą zapewniały dotarcie źródłowych informacji do ucznia w procesie dydaktycznym. Praktycznie musimy się liczyć z różnego rodzaju szumami, jakie będą powstawać na tej złożonej drodze. Jeżeli przez Y oznaczymy informację docierającą do ucznia, a przez X informację źródłową wiernie oddającą rzeczywistość, to możemy zapisać następujące równanie:

$$Y = X + \Delta X$$

gdzie: ΔX oznacza szum.

Zgodnie z kanonem dydaktycznym przekazywanie prawdy i tylko prawdy zasadniczą sprawą staje się minimalizacja szumu, czyli używając terminologii zapożyczanej z teorii informacji, będziemy chcieli osiągnąć entropię układu $H(\alpha)$ bliską zeru.

Entropia układu jako abstrakcyjna miara jego nieokreśloności tylko wówczas równa się zeru, kiedy jedno z prawdopodobieństw osiągnięcia zamierzonego celu dydaktycznego, tj. sytuacji, gdy do ucznia dotrze tylko informacja źródłowa bez szumu, równa się jedności, a wszystkie pozostałe prawdopodobieństwa osiągnięcia tego celu równają się zeru. Używając zapisu matematycznego, dążymy do stanu, w którym $\Delta X = 0$, czyli równanie $Y = X + \Delta X$ po podstawieniu przybiera postać $Y = X + 0 = X$. Rzeczywistość odbiega jednak od takiego idealnego modelu i zawsze $\Delta X \neq 0$. Należy w tym miejscu wziąć pod uwagę fakt, że każda z dróg, przez którą docierają do ucznia informacje, ma określoną drożność z określonym szumem, czego konsekwencją jest wykluczenie entropii zerowej. Idąc dalej, możemy wiążąc teorię informacji z dydaktyką, spróbować wyznaczyć entropię tego układu. Z przedstawionego schematu blokowego wynika, że są różne, jak zostało już wcześniej napisane, drogi osiągnięcia zamierzonego celu, co w połączeniu ze skończoną liczebnością różnorodnych rozwiązań metodycznych daje dwu lub trzycyfrową liczbę różnych wariantów działań edukacyjnych. Zakładając, że każdy z możliwych wariantów posiada jednakowe prawdopodobieństwo osiągnięcia zamierzonego celu, możemy tę sytuację zilustrować poniższą tabelką. Z praktycznego punktu widzenia ważna jest liczbowa ocena stopnia nieokreśloności różnych doświadczeń, aby można je było później pod tym względem porównać. Stopień nieokreśloności każdego doświadczenia określa liczba k . Dla $k = 1$ wynik nie jest przypadkowy, natomiast dla zwiększającego się k przewidzieć rezultat doświadczenia jest coraz trudniej. Szukana charakterystyka stopnia nieokreśloności powinna być funkcją liczby k , czyli $f(k)$. Aby lepiej określić tę funkcję, która dla $k = 1$ powinna być zerem, a wraz ze wzrostem liczby k powinna rosnać, należałoby postawić potrzebę spełnienia przez nią dodatkowych warunków.

Wynik doświadczenia	A1	A2	A3		Ak
Prawdopodobieństwo	$\frac{1}{k}$	$\frac{1}{k}$	$\frac{1}{k}$		$\frac{1}{k}$

Gdzie $k > 1$, w przybliżeniu liczba naturalna dwu- lub trzycyfrowa.

Założymy, że doświadczenie α posiada k jednakowo prawdopodobnych wyników i doświadczenie β , m jednakowo prawdopodobnych wyników. Doświadczenia α i β są doświadczeniami niezależnymi od siebie. Idąc dalej, możemy spróbować określić charakterystykę liczbową stopnia nieokreśloności dla obu doświadczeń przeprowadzonych równocześnie, która powinna zależeć od k i m , tj. być funkcją obu tych liczb. Ta nieokreśloność musi być większa od nieokreśloności doświadczenia α , gdyż do tej nieokreśloności dodaje się nieokreśloność doświadczenia β . Na tej podstawie można określić warunek, jaki powinna spełniać ta funkcja

$$f(k, m) = f(k) + f(m),$$

który sugeruje przyjęcie za miarę nieokreśloności doświadczenia mającego k jednakowo prawdopodobnych wyników liczby $\log k$, gdyż

$$\log km = \log k + \log m.$$

Takie określenie miary nieokreśloności jest zgodne również z warunkiem, że przy $k = 1$ równa się ona zeru i że rośnie ona przy wzrastającym k . Podstawa logarytmu jest nieistotna i wybór jej jest dowolny z uwagi na znany wzór na zamianę podstawy podstaw logarytmów $\log_b k = \log_a k \times \log_a b$. Przejście od logarytmów przy jednej podstawie do logarytmów przy innej podstawie sprowadza się do pomnożenia funkcji $f(k) = \log k$ przez stały czynnik (moduł przejścia równy $\log_a b$), co jest równoznaczne jedynie zmianie jednostki miary stopnia nieokreśloności, czyli entropii.

Na tej podstawie, pomijając szczegółowe wywody matematyczne, możemy pokusić się o napisanie wzoru na entropię takiego fragmentu procesu dydaktycznego, który związany jest z zadaniem dostarczenia uczniowi bezszumowej informacji źródłowej. Z uwagi na nasz wcześniejszy szacunek, dwu lub trzycyfrowej liczby określającej różnorodność dróg osiągnięcia zamierzonego celu dydaktycznego, przyjmujemy podstawę logarytmu równą 100. W praktyce oznacza to, że za jednostkę miary stopnia nieokreśloności przyjmujemy nieokreśloność doświadczenia mającego 100 jednakowo prawdopodobnych wyników. Wówczas nasz wzór na entropię $[H(\alpha)]$ będzie przedstawiał się następująco:

$$H(\alpha) = \sum_{i=1}^{i=n} [-p(A_i) \times \log_{100} p(A_i)] \leq \log_{100} k = k \times \left(-\frac{1}{k} \log_{100} \frac{1}{k}\right) = H(\alpha_0)$$

gdzie: n – dwu- lub trzycyfrowa liczba naturalna,

$p(A_i)$ – zróżnicowane prawdopodobieństwo osiągnięcia wyznaczonego celu dydaktycznego różnego rodzaju drogami.

Ogólna nieokreśloność całego doświadczenia wynosi zgodnie z wcześniej przyjętą zasadą $H(\alpha_0) = \log_{100} k$. Można również przyjąć, że każdy oddzielny wynik mający prawdopodobieństwo $\frac{1}{k}$ posiada nieokreśloność równą

$$\frac{1}{k} \log_{100} k = \frac{-1}{k \log_{100} \frac{1}{k}},$$

czego konsekwencją, przy różnych prawdopodobieństwach poszczególnych wyników, jest zasada liczenia entropii

$$-p(A_1)\log_{100}p(A_1) - p(A_2)\log_{100}p(A_2) \dots - p(A_n)\log_{100}p(A_n),$$

ponieważ zawsze $0 \leq p(A) \leq 1$, to $\log_{100} p(A)$ nie może być dodatni, a więc $-p(A) \times \log_{100} p(A)$ liczbą ujemną. Równość $H(\alpha) = H(\alpha_0)$ zachodzi tylko w takim wypadku, gdy $p(A_1) = p(A_2) = \dots = p(A_i) = \frac{1}{k}$, gdzie $i = k$, co oznacza, że przypadek $H(\alpha_0)$ ma największą entropię.

Jakie można wyciągnąć wnioski praktyczne z ogólnego wzoru na entropię tej części procesu dydaktycznego, która związana jest z celem przekazania bezszumowej informacji źródłowej i jej wyjaśnieniem uczniowi tak, aby posiadał on tę wiedzę. Otóż, im większa jest liczebność sposobów osiągnięcia tego celu, co oznacza wzrastanie liczb k , tym entropia przybiera mniejszą wartość, zdążając do 0. Również jeżeli liczebność wariantów osiągnięcia wyznaczonego celu dydaktycznego zmniejsza się przy jednoczesnym wzroście ich prawdopodobieństwa osiągnięcia sukcesu, entropia dąży do 0. Wynika to z badania funkcji $y = -x \log_{100} x$ w interesującym nas przedziale $(0, 1)$ jako funkcji wypukłej. Jednocześnie stosunkowo prosto udowodnić, że entropia doświadczenia przybiera maksymalną wartość wtedy, kiedy ma ono tylko dwa wyniki, których prawdopodobieństwo wynosi p i $(1-p)$. Gdy to $p = \frac{1}{2}$, to entropia przybiera wartość około 0,15.

W ten sposób wyznaczając maksymalną entropię procesu nauczania-uczenia się, ustalamy przedział możliwych wartości entropii tego zagadnienia, który wynosi od 0 do 0,15. Liczbowo obszar tej zmienności jest bardzo niewielki, co może skłaniać do wniosku, iż całość powyższych rozważań może mieć jedynie pewne znaczenie teoretyczne. Aby nie dopuścić do takiego spłylenia tego problemu, spróbujmy praktycznie zinterpretować tę teorię. Jest to ważne nie tylko dla tych rozważań, ale również mieści się w ogólnym przesłaniu pedagogiki jako dyscypliny naukowej.

Od pewnego czasu w środowiskach pedagogicznych, jak również obszarze nauk zwanych społecznymi, toczy się dyskusja nad tożsamością naukową tej dyscypliny. Argumenty „za” i „przeciw” w obu tych wypadkach nie są pozbawione swoich racji, ale można sądzić, że wynikają głównie z coraz bardziej racjonalnej i rozszerzającej się krytyki aktualnie obowiązującego w świecie dotychczasowego modelu edukacji, w tym systemu szkolnego. W konfrontacji z rzeczywistością powszechnie stosowane rozwiązania edukacyjne są pod względem swojej efektywności niezadowolające w stosunku do potrzeb społecznych. Potrzeby te mierzymy globalnymi zagrożeniami cywilizacyjnymi oraz indywidualnym niedosytem w zaspakajaniu swoich życiowych aspiracji. W tym kontekście warto wyjaśnić problem

oczekiwań społecznych, które w związku z procesami dewaluacji wartości i wzorców, towarzyszącymi współczesnej cywilizacji, nie są zaspakajane przez szkołę w wystarczającym stopniu. Tak czy inaczej, krytycznie odnosząc się do obecnego modelu szkolnego, nie należy chyba dyskredytować pedagogiki jako dyscypliny naukowej. Można, co najwyżej, wytykać jej niedostateczny rozwój metodologiczny i co za tym idzie mało skuteczną atrakcyjność wdrożeniową. Śledząc praktyczne dokonania pedagogiki jako nauki na przestrzeni ostatnich pięćdziesięciu lat, można stosunkowo łatwo wykazać, że bujny rozwój teorii nie ma większego i znaczącego wpływu na ciągle konserwatywny model szkolnej edukacji. Regionalne, narodowe i globalne raporty oświatowe, w następstwie których przeprowadzane są reformy, praktycznie są tylko pożyteczną kosmetyką dla mającego dwieście lat kanonu edukacyjnego. Potwierdzeniem tej tezy może być fakt, iż żadne alternatywne rozwiązania pedagogiczne nie zostały powszechnie wdrożone, mimo to, że eksperymentalnie potwierdzały swoją słuszność. Oczywiście, na taki stan rzeczy mają również nie-mały wpływ różnorakie uwarunkowania pozamerytoryczne, co jednak nie zmienia samego faktu.

Wracając do głównego nurtu rozważań, spróbujmy praktycznie zinterpretować możliwość ustalenia entropii procesu edukacyjnego. Informacja źródłowa dla tego procesu jest bardzo istotna, ale to jeszcze nie wszystko, aby osiągnąć sukces. Celem współcześnie rozumianego kształcenia nie jest faszerowanie umysłu ucznia encyklopedyczną wiedzą, ale osiągnięcie odpowiedniego stanu systematycznych poczynień, dzięki którym jednostka utrzymuje żywe i racjonalne stosunki ze światem, w jakim żyje. Z tego punktu widzenia zasadniczym zagadnieniem staje się aktywność twórcza. Przez twórczość należy rozumieć nie tylko wytwarzanie oryginalnych przedmiotów, ale przede wszystkim uczestnictwo w kreowaniu samego siebie⁴.

Powróćmy do rysunku przedstawiającego model przepływu informacji na potrzeby edukacyjne. Analizując go, łatwo można dostrzec mnogość dróg prowadzących do wytyczonego celu dydaktycznego. Tradycyjny tor kształcenia z jednej strony zawiera teoretycznie nieskończoną liczbę rozwiązań metodycznych, która praktycznie ogranicza się do rzędu kilkunastu. Rozwiązania metodyczne zależą w pierwszym rzędzie od przygotowania zawodowego nauczycieli, następnie od trafności wyboru przez nich metody w zależności od przeprowadzonego rozpoznania konkretnych uwarunkowań związanych indywidualnie z czasem, miejscem i składem personalnym danej grupy uczniowskiej. Każde z możliwych rozwiązań metodycznych posiada określone prawdopodobieństwo osiągnięcia zamierzonego celu. Jedne z nich mają mniejsze, inne większe prawdopodobieństwo uzyskania sukcesu

⁴ Szerzej cały problem omawiany jest przez Paula Lengrand'a we wprowadzeniu do książki *Areas of Learning Basic of Lifelong Education*, wydanej przez Unesco Institute for Education Hamburg, FRG and Pergamon Press w 1986 roku. (Polski przekład tej książki w tłumaczeniu Ireny Wojnar i Jerzego Kubina – *Obszary permanentnej samoedukacji*, ukazał się w 1995 roku, seria Inicjatywy Wszechnicowe, TWWP).

dydaktycznego. Jednak w każdym wypadku stopień prawdopodobieństwa będzie zależał od wielkości wprowadzanego szumu do informacji źródłowej. Z uwagi na to, że przy tradycyjnym torze kształcenia należy się liczyć ze znaczącym poziomem szumów, a tym samym jego wpływem na obniżenie prawdopodobieństwa osiągnięcia sukcesu, entropia procesu nigdy nie będzie dążyła do zera.

Realizując proces dydaktyczny z komputerowym wspomaganie, można założyć, że poziom wprowadzanych szumów będzie niższy niż w tradycyjnie realizowanym procesie nauczania-uczenia się. Jest to związane z maszynowym przekazywaniem informacji, które do sieci komputerowych trafiają w kompetentny i profesjonalny sposób na poziomie prawie bezpośredniego naukowego rozpoznania rzeczywistości. Praktycznie można wysunąć hipotezę, że poziom szumów będzie jedynie uzależniony od rzetelności i wiedzy fachowej informatyków, którzy informacje źródłowe przekładają na język komputerowy. Zachowując mnogość możliwych rozwiązań metodycznych, entropia procesu dydaktycznego wspomaganego komputerowo, zgodnie z wcześniejszymi rozważaniami, będzie przybierała mniejszą wartość, zdążając do zera.

Rozważmy jeszcze jedną teoretyczną sytuację. Załóżmy, że istnieją takie formy tradycyjnie realizowanego procesu dydaktycznego, które są równoważne procesom nauczania-uczenia się wspomaganym komputerowo. Wówczas liczebność wariantów osiągnięcia sukcesu w realizacji wyznaczonego celu dydaktycznego zmniejsza się przy jednoczesnym wzroście ich prawdopodobieństwa. Entropia takiego układu dąży do zera.

Podsumowując powyższe rozważania o entropii procesu nauczania-uczenia się na plan pierwszy wysuwa się problem doboru takich metod i form kształcenia, których prawdopodobieństwo osiągnięcia sukcesu będzie największe. Zdając sobie sprawę z tego, że w praktyce nigdy nie osiągniemy takiego stanu, w którym prawdopodobieństwo będzie wynosiło 1. Wynika to również między innymi z oczywistej prawdy, iż nie ma jednej jedynej 100-procentowej metody.

W badaniach pedagogicznych poszukujemy najbardziej efektywnych rozwiązań edukacyjnych. Używając modnego terminu „produktywność”, można powiedzieć, że głównym zadaniem dla nauk pedagogicznych jest optymalizacja produktywności rozwiązań edukacyjnych. Jak wynika z przedstawionych rozważań, komputerowe wspomaganie procesów nauczania-uczenia się może mieć istotny wpływ na podniesienie produktywności tego procesu. Nie zwalnia ta konstatacja z poszukiwań nowych rozwiązań na innych polach badań pedagogicznych. Chodzi o rozwiązania metodyczne, organizacyjne, strukturalne etc.

I na zakończenie, powróćmy do problemu powszechnego przygotowania informatycznego. Zagadnienie to w świetle niniejszego opracowania nabiera niebagatelnej znaczenia. Wiemy że, aby efektywnie pracować z komputerem, trzeba mieć odpowiednie przygotowanie teoretyczne i praktyczne. Zakładając powszechną komputeryzację systemu oświatowego, na pierwszy plan wysuwa się problem informatycznego kształcenia od możliwie najwcześniejszego wieku. Nie jest to takie

proste, szczególnie w świetle wielu zagrożeń o jakich wiemy i tych, których jeszcze nie znamy. Stąd pochodzi chyba pilna potrzeba twórczego penetrowania tego terenu, aby możliwie szybko stworzyć odpowiednie warunki do powszechnej komputeryzacji edukacji. Czasu jest bardzo mało, bo jeżeli spełnią się prognozy, to niedługo będziemy mieć na świecie, bez barier finansowych, powszechny dostęp do infostrad. Jest to jednak temat do osobnego przedstawienia.