

KAZIMIERZ WIECZORKOWSKI
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
w Toruniu

KOMPUTEROWE ŚRODKI AKTYWIZUJĄCE W NAUCZANIU PROBLEMOWYM

ABSTRACT. Wieczorkowski Kazimierz, *Komputerowe środki aktywizujące w nauczaniu problemowym* [Computer tools in teaching by problem solving], „Neodidagmata” 25/26, Poznań 2003. Adam Mickiewicz University Press, pp. 69-86. ISBN 83-232-1366-6. ISSN 0077-653X.

An active learning system is one that can influence the training data it receives by actions or queries to its environment. Properly selected, these actions can drastically reduce the amount of data and computation required by a machine learner. Active learning has been studied independently by researchers in machine learning, neural networks, computational learning theory, experiment design, information retrieval. Current evidence suggests that some technology applications are more effective than traditional instructional methods in building complex problem solving capabilities for synthesizing information. The effects are achieved in part by permitting alternate methods of "reaching" and motivating learners. Development and implementation of networked distributed interactive simulation in distance education allows dispersed learners to engage in collaborative problem solving activities in real time, is now ready for transfer to schools. Both conceptual and practical problems will sometimes resist solution because problem-solvers are unable to frame their questions in original ways; collective problem solving exercises encourage small groups of students to take a problem.

Kazimierz Wieczorkowski, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Pedagogiki, Zakład Technologii Kształcenia, ul. Asnyka 2a, 87-100 Toruń, Polska-Poland; e-mail: wiecz@cc.uni.torun.pl, <http://www.ped.uni.torun.pl>

WSTĘP

Zagadnienie twórczego rozwiązywania problemów i aktywnego nauczania rozważane jest od kilkudziesięciu lat i doczekało się wielu opracowań naukowych (Mayer Richard E., 1992). Już w 1933 r. J. Dewey analizował edukacyjne aspekty procesu kształcenia i badał proces myślenia. W roku 1945 Polya opublikował pracę na temat metod aktywnego rozwiązywania zadań w nauczaniu matematyki. Problemem nauczania aktywnego zajmuje się psychologia (np. R.J. Sternberg, 1994;

R.F. Biehler, 1997; J. Koziński, 1969; E. Nęcka, 1994), dydaktyka (W. Okoń, 1965, 1975) i inne dziedziny. Ostatnie dwudziestolecie jest szczególnie bogate w wiele opracowań, ponieważ rozwinęły się nowe technologie: komputery osobiste, telekomunikacja cyfrowa, technologia dysków kompaktowych, multimedia, metody programowania i wiele innych. Stosowanie najnowszych technologii w procesie kształcenia wyraźnie postulowały raporty opracowywane dla UNESCO przez zespoły E. Faure'a (1975) i J. Delorsa (1995). Obecnie motorem napędowym technologii kształcenia stała się sieć komputerowa – Internet. Dzięki nowym środkom dydaktycznym powstały nowe metody edukacyjne (W. Strykowski, L. Gawrecki, 1981; K. Wieczorkowski, 1999), a w dydaktyce wprowadzane są interakcyjne metody komputerowego wspomaganie nauczania oraz rozwijane są nowe metody samokształcenia (K. Wieczorkowski, 1995, 1996, 1998a). Tematem niniejszej pracy są problemy zastosowań współczesnych technologii cyfrowych jako środków aktywizacji w nauczaniu problemowym.

ROLA INTERAKCJI W NAUCZANIU PROBLEMOWYM

Problemy komunikacji, związków między językiem i procesem uczenia, stanowią kluczowe zagadnienia poznawcze współczesnej edukacji. Nawiązywanie i rozwijanie kontaktów z uczniami, kreowanie i wykorzystywanie interakcji społecznych w grupach uczniowskich są podstawą całego systemu nauczania. Interakcja jest zjawiskiem tak oczywistym w systemie dydaktycznym, że nauczyciele czasami zapominają, jak ogromna jest jej rola w procesie wychowania. Jest podstawą kształtowania się wszelkich stosunków społecznych. Funkcjonowanie człowieka w relacjach z innymi ludźmi jest ważnym i ciekawym zagadnieniem badawczym. Niewłaściwa interakcja lub jej brak powoduje oderwanie szkoły od życia i niedostateczne przygotowanie uczniów do pełnienia ważnych ról społecznych, nerwice i nieprzystosowanie społeczne, a także nienadążanie rozwoju emocjonalnego za rozwojem fizycznym i intelektualnym, jak również niedobór autentycznego życia umysłowego i społecznego. Tak widziana interakcja nie przynosi żadnych pozytywnych rezultatów, ani też nie sprzyja wszechstronnemu rozwojowi osobowości uczniów. Czasami nawet negatywne efekty relacji interpersonalnych odgrywają pozytywną i twórczą rolę.

Naturalne dążenie nauczyciela do zwiększenia efektywności nauczania i chęć osiągnięcia znaczących wyników nauczania prowadzi do stosowania innowacyjnych, aktywnych metod nauczania (M. Śnieżyński, 1984), indywidualizacji nauczania i uczenia się (T. Lewowicki, 1995, 1977) oraz do stosowania środków dydaktycznych i metod nauczania problemowego w procesie dydaktycznym (M.J. Machmutowa, 1972). Z ostatnich badań i eksperymentów wynika, że doskonałym narzędziem wspomagającym te procesy jest komputer i sieć komputerowa. Autor przeprowadził szereg eksperymentów edukacyjnych z zastosowaniem komputerów,

sieci Internet oraz filmów edukacyjnych i stosuje te środki w swojej praktyce aktywnego nauczania problemowego, uzyskując dużą aktywność studentów i skuteczność kształcenia.

Aktywności rozumianej jako chęć działania wywołującego zewnętrzne i wewnętrzne przejawy działalności (W. Okoń, 1975) powinna towarzyszyć pozytywna motywacja i użyteczność osiągniętych wyników. Możliwość samodzielnego działania pobudza do aktywności, a umiejętność współdziałania z innymi może prowadzić do znacznego powiększenia efektów działalności. Można rozróżnić dwa rodzaje aktywności:

1. Aktywność o charakterze emocjonalnym – polega na przeżywaniu wartości i ich wytwarzaniu. Trzeba mieć tu na myśli tę sferę procesu edukacji, która jest notorycznie zaniedbywana. Chodzi tu o satysfakcję, którą uczący się może czerpać z przeżywanych dostępnych mu wartości poznawczych, moralnych, społecznych, estetycznych i innych, a także z wytwarzania wartości własnych w bliskich mu dziedzinach.

2. Aktywność praktyczna – wymaga wiedzy o rzeczywistości, którą jednostka ma zmienić lub stworzyć. Wiedza staje się użyteczna w twórczości. Dając wiedzę o świecie i znajomość wzorów przekształcania rzeczywistości, szkoła przysposabia wychowanków do rozwiązywania nowych problemów (do działań dywergencyjnych).

Psychologia zabiega, by każda z tych rodzajów aktywności wywierała możliwie wielostronny wpływ na człowieka (J. Kozielecki). Dlatego nieodzowne jest rozpatrzenie aspektów asymilacji i twórczych. Asymilacja ma umożliwić człowiekowi poznanie dorobku nauki, techniki i sztuki, a jego aktywność powinna dać mu szansę rozwinięcia własnych umiejętności, zdolności i sił twórczych (J. Piaget). Działania człowieka powinny być podporządkowane pewnym celom. Już sama chęć zmierzania do określonych celów czyni człowieka aktywnym, a przecież jednym z celów edukacji jest zdobycie wiedzy lub umiejętności. Szczególnie interesującym jest proces dochodzenia do określonego poziomu wiedzy, rozwiązywania problemów i odkrywania nowych praw. W badaniach tej problematyki należy rozróżnić pojęcie problemu od pojęcia zadania. Zadanie rozwiązuje się mechanicznie, wykorzystując znane metody rozwiązania oraz posiadane umiejętności. Z problemem mamy do czynienia wtedy, gdy jego rozwiązanie przerasta nasze umiejętności i musimy szukać nowych metod rozwiązania. Problem stanowi dla osoby rozwiązującej go pewną trudność natury teoretycznej lub praktycznej. Rozwiązanie problemu wymaga aktywności, umiejętności wykorzystania wiedzy i doświadczeń, wysiłku intelektualnego, pokonywania przeszkód i barier. W procesie rozwiązywania problemu można wyróżnić kilka faz:

- sformułowanie (postawienie) problemu,
- wybór lub opracowanie metod rozwiązania (analiza możliwości rozwiązania problemu, rozpatrzenie wielowariantowości rozwiązań, bariery metodologiczne),

- rozwiązanie problemu (dobór środków, optymalizacja wyboru metod i środków),
- sprawdzenie rozwiązania (ocena jakości rozwiązania, wybór optymalnego rozwiązania, jeśli istnieje wiele wariantów rozwiązania).

Problemem można nazwać zagadnienie wymagające rozstrzygnięcia, którego rozwiązanie jest możliwe za pomocą posiadanych wiadomości, umiejętności i nawiązków. Aby dany problem rozstrzygnąć, dojść do jakiegoś celu, należy go rozwiązać. Rozwiązanie problemu jest możliwe przede wszystkim dzięki myśleniu produktywnemu, wnioskowaniu i podejmowaniu decyzji. Dzięki niemu człowiek zdobywa wiedzę i doświadczenie, które z kolei pozwalają mu podejmować i rozwiązywać coraz trudniejsze problemy. Ogólny schemat, dzięki któremu problemy mogą zostać rozwiązane według T. Tomaszewskiego (1975), obejmuje cztery fazy:

1) *dostrzeżenie problemu* przez podmiot, który uświadamia sobie, że zasób posiadanej przez niego wiedzy nie jest wystarczający, aby osiągnąć planowane cele;

2) *analiza sytuacji problemowej*, czyli faza, w której podmiot analizuje informacje zawarte w sytuacji problemowej oraz strukturę celu, który ma osiągnąć. Na tym etapie człowiek bada, jakie są rozbieżności i luki między tym, co jest dane, a tym, co jest pożądane;

3) *wytwarzanie pomysłów rozwiązania* – podmiot wytwarza nowe informacje, takie jak hipotezy, metody. Ta faza nazywana jest też produktywną ze względu na rezultaty myślenia, jakimi są pomysły rozwiązań;

4) *weryfikacja pomysłów*, jej celem jest kontrola pomysłów i ocena wartości przykładowych rozwiązań. W wyniku weryfikacji człowiek albo przyjmuje pomysł jako rozwiązanie ostateczne, albo go odrzuca.

Na gruncie psychologii E. Nęcka (1994) określa problem (sytuację problemową) jako zmierzanie do jakiegoś celu, lepiej lub gorzej sformułowanego, w sytuacji gdy się nie wie, w jaki sposób przekształcić stan wejściowy w pożądany stan końcowy. W takiej sytuacji człowiek musi wytworzyć środki intelektualne, a czasem też materialne, pozwalające na przejście od istniejącego stanu rzeczy do zamierzonego celu. Pojęcia problemu i zadania w pewnych sytuacjach wymieniają się, np. dla kogoś o niższych kwalifikacjach coś może być problemem, a dla osoby o wyższych kwalifikacjach to samo może być zadaniem, ponieważ osoba ta zna metody rozwiązania. Koziński J. (1969) wyróżnia następujące typy problemów: orientacyjne, decyzyjne, wykonawcze.

W każdym problemie powinny występować pierwiastki twórcze i elementy nowości. Praca naukowa polega na rozwiązywaniu problemów i odkrywaniu nowych praw, nie zaś na rozwiązywaniu zadań. Edukacja natomiast powinna przygotowywać ucznia do samodzielności w myśleniu i twórczego podejścia do rozwiązywania problemów, poznawania nowych metod i narzędzi (A.M. Matiuszkina, 1972). Przedmiotem zainteresowań badawczych są zagadnienia związane z twórczością artystyczną. Duży wkład do tych badań ma W.J.J. Gordon (1961) z Uniwersytetu w Cambridge (Massachusetts), prowadzący swoje nietypowe badania od lat

czterdziestych. Opracował on własną metodę twórczego rozwiązywania problemów nazwaną w 1955 r. *synektyką* (W.J.J. Gordon, 1961). Na gruncie polskim badali ją i rozwijają m.in. S. Popek (1995) i W. Limont (1994). Metod rozwiązywania problemów można się nauczyć rozwiązując coraz trudniejsze zadania i problemy. Na przykład, nauczanie matematyki czy fizyki realizowane jest właśnie w ten sposób. W dziedzinach przyrodniczych i technicznych istnieje zwykle wiele metod rozwiązywania zadań (G. Polya, 1945). Czasami konieczne jest stosowanie metod: laboratoryjnych, warsztatowych, treningowych, symulacyjnych, komputerowych. W tym zakresie metodologia badań ciągle się rozwija. W metodach nauczania i uczenia się preferowane są te metody, które sprzyjają aktywizacji procesów twórczych u uczniów i studentów. W krajach zachodnich szkoły kładą duży nacisk na rozwijanie metod pragmatycznych, utylitarnych i kształtowanie aktywności uczniów (A.L. Russell, 1987; S.L. Brown, M.I. Walter, 1983), realizując zapotrzebowania społeczne. Szczególnie dużą wagę przywiązuje się do problemu asertywności i aktywnego nauczania i uczenia się w kształceniu otwartym i nauczaniu na odległość (K. Wieczorkowski, 1998). Rozwijane są metody instruktażowe i treningowe (CBI – *computer-based instruction*, CAI – *computer-assisted instruction* (M. Grabe, C. Grabe, 1996, p. 78), CBT – *computer-based training*. W procesie dydaktycznym problem musi być odpowiednio dobrany do warunków i możliwości uczniów i powinien mieć jasno określone cele. Amerykanin R. Schank (1996) – specjalista technologii kształcenia i w dziedzinie badań nad funkcjonowaniem umysłu w aspekcie wykorzystania ich w systemach sztucznej inteligencji – twierdzi, że „kiedy uczeń zadaje pytania, większość nauczycieli czuje, że ich autorytet jest zagrożony. Wiadomo, że dobry nauczyciel cieszy się, gdy zadaje mu się mądre pytania, ale niestety i tak nie byłby w stanie na wszystkie odpowiedzieć, wynika to chociażby z liczby uczniów w jednej klasie. I to może być właśnie doskonałe pole dla komputerów. Nauczanie indywidualne jest niesłychanie cenne. Dawniej ludzie bogaci zatrudniali dla swych dzieci nauczycieli i to rzeczywiście działało. Komputery są potencjalnymi zbawcami naszego systemu nauczania”.

Na zagadnienie twórczego rozwiązywania problemów wpływa wiele czynników, m.in. cechy osobnicze: wiek, zdolności twórcze, oryginalność, giętkość w myśleniu, inteligencja, typ układu nerwowego, styl poznawczy, które są przedmiotem badań psychologów i neurofizjologów.

SFORMUŁOWANIE (ZDEFINIOWANIE) PROBLEMU

W celu określenia problemu, należy zdać sobie sprawę z wagi problemu, jego zakresu, potrzebnych umiejętności, wiedzy i kosztów rozwiązania itp. Zdefiniowanie problemu jest niezbędne dla dalszego postępowania zmierzającego do jego rozwiązania. W każdej dziedzinie formułowanie problemu przebiega nieco inaczej i różne są wymagania w zakresie koniecznej wiedzy dla jego zdefiniowania. W tym

zakresie można podzielić problemy na proste i złożone, przy czym czasami istnieje konieczność dokonania segmentacji problemu na elementy mniejsze (podproblemy), aby ułatwić dobór metod, i co za tym idzie – rozwiązanie.

PRZEBIEG PROCESU ROZWIĄZYWANIA PROBLEMU

Samo sformułowanie problemu, wyznaczenie warunków rozwiązalności i określenie drogi dochodzenia do rozwiązania nie jest sprawą prostą. Z procesem tym związane są ważne aspekty: forma problemu, struktura języka, fiksacja funkcjonalna, nastawienie na rozwiązanie, zadania pomocnicze, gradacja i sekwencja zadań, stopień trudności, dostępność i wybór źródeł informacji, werbalizacja, nie przeciążanie pamięci świeżej, kontakty w toku rozwiązywania, poziom motywacji, przezwyciężanie niepokoju w czasie rozwiązywania. W kształceniu wielostronnym W. Okoń (1993) wyróżnia trzy grupy metod uczenia się:

- 1) uczenie się przez działanie,
- 2) uczenie się przez odkrywanie,
- 3) uczenie się przez przeżywanie (W. Zaczyński, 1995).

Zagadnieniem rozpatrywanym w artykule jest możliwość wykorzystania w tych procesach komputera. Wydaje się, że jest jeszcze zbyt wcześnie, aby rozpatrywać emocjonalne czynniki związane ze stosowaniem komputerów w procesie dydaktycznym, choć tu i ówdzie takowe są już prowadzone. Doświadczenia i wyniki badań wskazują na duże możliwości komputerów w zakresie aktywizacji kształcenia i wspomagania nauczania przez odkrywanie. Te dwa zagadnienia mają obecnie niezwykle wymiar, z uwagi na rosnącą rolę komputera jako środka wspomagania nie tylko procesu dydaktyki szkolnej, ale także pozaszkolnego nauczania i uczenia się.

MODELE NAUCZANIA PROBLEMOWEGO

Problemy rozwiązywane przez człowieka w życiu codziennym można podzielić na dwie grupy: problemy, które potrafi rozwiązać i problemy, których rozwiązanie musi szukać lub może się nauczyć od innych. Jednak problemy, których rozwiązanie jest mu znane, stają się zadaniami do wykonania i mogą nie być już traktowane jako problemy. Każdy człowiek posiada pewne doświadczenia w rozwiązywaniu problemów na określonym poziomie, np. student posiada doświadczenia ze szkoły średniej, absolwent uniwersytetu – ze studiów, inżynier z biura projektowego, lekarz z praktyki lekarskiej, nauczyciel z praktyki szkolnej. W różnych dziedzinach do rozwiązywania problemów stosuje się różne metody. Problemy w naukach przyrodniczych, matematyce i technice posiadają szczegółowe drogi konceptualizacji problemów. Najczęściej sprowadza się to do opisu matematycznego,

układów określonego rodzaju równań lub nierówności, a dalej rozwiązuje się tak skonstruowany model znanymi metodami (najczęściej symulacyjnymi i komputerowymi) lub poszukuje się nowych metod. W naukach społecznych i humanistycznych więcej uwagi poświęca się systemom pojęć, wartości, celów. Tu rozwiązywanie problemów polega w większym stopniu na szukaniu praw, uogólnień, konstruowaniu nowych systemów pojęć, porównań, opracowywaniu nowych metod działania w danej dziedzinie. Nauczanie problemowe przebiega różnie w różnych przedmiotach. Inaczej stosuje się metody nauczania problemowego w nauczaniu języka polskiego, inaczej w historii, geografii, matematyki, fizyki i przedmiotów zawodowych (W. Zaczyński, 1995). Zróżnicowanie dotyczy również poziomów nauczania. Prostsze metody stosowane są w nauczaniu problemowym w szkole podstawowej, trudniejsze i bardziej złożone w dydaktyce szkoły wyższej.

Nauczanie problemowe wymaga od nauczyciela zgoła innego podejścia i przygotowania niż w klasowo-lekcyjnym procesie nauczania. Naturalnym sposobem postępowania człowieka jest unikanie problemów, a nie ich rozwiązywanie. Dlatego też najczęstszą strategią postępowania w procesie nauczania i uczenia się jest wybieranie dróg najprostszych i wymagających najmniejszego wysiłku. Podobną strategię wybiera większość młodzieży. Nauczyciel podejmujący nauczanie problemowe musi być doskonale przygotowany merytorycznie. Przede wszystkim musi ciągle stawiać nowe, dostosowane do poziomu percepcji uczniów, cele cząstkowe, organizować środowisko dydaktyczne, planować, kontrolować realizację zadań, studiować literaturę i poznawać nowe metody, osiągnięcia i wyniki badań naukowych. Stosując metody komputerowe, musi opanować szereg programów i metod, obsługę urządzeń i uzupełnić swoją wiedzę informatyczną. Wymaga to od niego znacznie więcej wysiłku w zakresie samokształcenia i doskonalenia własnego warsztatu. Często wymaga to dodatkowych środków na materiały i sprzęt. Trzeba jednak podkreślić, że praca tego typu przynosi znacznie większe rezultaty i większą satysfakcję nauczycielowi. Właściwe zaplanowanie zadań może wspomagać rozwój bazy i warsztatu pracy nauczyciela. Uczniowie (studenci) mogą przez zadania kontrolne czy wykonywanie prac dyplomowych realizować elementy środowiska edukacyjnego, które z kolei mogą być wykorzystane w dalszych pracach. Metody rozwiązywania problemów mogą być stosowane zarówno w edukacji indywidualnej, jak i zespołowej.

METODY NAUCZANIA PROBLEMOWEGO

Rozwiązywanie problemów jest procesem złożonym i wymaga od nauczyciela i uczniów pewnej koncentracji uwagi i środków. Na co dzień człowiek podejmuje wiele decyzji, które mają bezpośredni wpływ na jego życie. Rozwiązywanie problemów może pełnić jedną z podstawowych ról w kształceniu, a to za sprawą stosowania różnego rodzaju pomocy dydaktycznych, z których najważniejszą rolę

pełnią programy komputerowe. Można wyróżnić szereg strategii wykorzystania komputerów jako narzędzi wspomagających rozwiązywanie problemów. Program komputerowy wytwarza sytuację dydaktyczną, w której mamy do czynienia z problemem zamkniętym, gdy zawiera on mniej lub bardziej dokładny przepis postępowania prowadzący do rozwiązania problemu. Taki program posiada zbiór możliwych rozwiązań. Uczący się ma zaś możliwość wyboru jednego z wielu. Najczęściej programy tego typu występują w nauczaniu różnych umiejętności technicznych. Problemy otwarte spotykamy w programach komputerowych, wówczas gdy uczący się jest zmuszony do sformułowania różnych rozwiązań z pomysłów, a następnie wyboru jednego z nich. Wszędzie tam, gdzie cele kształcenia wymagają szybkiego i nieomylnego opanowania wiadomości, powinno się stosować problemy zamknięte; problemy otwarte zaś należałoby wykorzystywać do kształtowania myślenia twórczego. Program komputerowy może zapewnić sytuację problemową, w której będzie występować jedno lub więcej rozwiązań. Jest to zależne od celów, jakie są stawiane.

Tematyka metod nauczania problemowego rozważana jest w wielu publikacjach (W. Okoń, 1975; J. Kozielecki, 1969; Cz. Kupisiewicz, 1973; M.J. Machmutowa, 1972; A.M. Matiuszka, 1972; D. Nakoneczna, 1980; E. Putkiewicz, 1993). Opracowano wiele metod nauczania problemowego, takich jak:

1) burza mózgów (*brainstorming*) (S. Papert, 1996) – dyskusja zespołowa na ważne tematy, które zmierzają do wypracowania jakichś rozwiązań, planów, projektów. Uczestnicy muszą szczególnie starannie przygotować się do dyskusji. Technikę opracował A.F. Osborn do celów doskonalenia metod zarządzania w przemyśle;

2) gry ze słowami – gry językowe typu krzyżówki, łamigłówki, rebusy itp.;

3) metoda sytuacyjna – szukanie sposobu wyjścia z trudnych sytuacji;

4) symulacyjne gry edukacyjne z zastosowaniem komputerów – znalazły już swoje stałe miejsce w dydaktyce i stosowane są na wszystkich poziomach kształcenia, poczynając od edukacji przedszkolnej, kończąc na edukacji dorosłych. W przedszkolu pomagają uczyć alfabetu, zasad gramatyki, zasad liczenia, logicznego myślenia, wnioskowania. Mogą wspomagać nauczanie historii przez przedstawienie planu bitew i wojen z możliwością realizacji własnych strategii oraz ich rozgrywania. Wiele gier wykonanych jest jako wieloosobowe, w których może brać udział wielu uczniów, komunikując się za pomocą sieci komputerowej;

5) metoda ziemi niczyjej – polega na zagospodarowaniu jak największego dostępnego obszaru zagadnień;

6) metoda detektywa – polega na dociekanii i wyjaśnianiu postawionej sytuacji problemowej;

7) metoda adwokata – ćwiczenia polegające na obronie pewnych idei, postępowania. Osoba będąca w roli adwokata musi wykonać duży wysiłek i zastosować wszystkie możliwe argumenty w celu obrony postawionego problemu;

8) metoda historyczna – odnosi się do chronologii zdarzeń, analizy kolejności następstw itp.;

9) metoda karykatury – zmierza do celowego przedstawienia problemu w przeciwnym świetle w celu przedstawienia karykaturalnego obrazu problemu;

10) metody kombinatoryczne i morfologiczne – polegają na rozwiązywaniu problemów sposobami kombinatorycznymi, np. przez sprawdzanie wszystkich możliwych rozwiązań w danym wypadku.

Wszystkie metody mogą być wspomagane nowymi technologiami komputerowymi, telekomunikacyjnymi i medialnymi. Jaka może być rola komputera w nauczaniu problemowym? Istotnym elementem procesu nauczania problemowego jest dobór technologii i środków dydaktycznych dostosowanych do stopnia trudności stawianych do rozwiązania zadań.

KOMPUTERY W NAUCZANIU PROBLEMOWYM

Próby stosowania komputerów do twórczego rozwiązywania problemów podejmowane były w latach czterdziestych. A. Newell i H.A. Simon (1972) analizując tok ludzkiego myślenia w rozwiązywaniu problemów, opracowali już w latach pięćdziesiątych system GPS (*General Problem Solving*), który stał się klasycznym już przykładem zastosowań sztucznej inteligencji, możliwości komputerowego rozwiązywania problemów i logiki, podobnie do postępowania ludzkiego.

Podejście heurystyczne obejmuje wszystkie niealgorytmiczne metody rozwiązania problemów posługujące się strategiami stosowanymi przez twórców. A. Góralski (1977, 1989) dzieli je na: refleksyjne (reprezentujące istotę twórczego rozwiązywania problemów), pragmatyczne (związane z problematyką wynalazczości, racjonalizatorstwa i inwentyki) i informatyczne (korzystające z osiągnięć informatyki). Należy tu rozróżnić dwa zagadnienia:

1) komputerowe rozwiązywanie problemów i dokonywanie odkryć, które jest domeną wspomaganą badań naukowych i dotyczy problemów jeszcze nie zbadanych,

2) komputerowe nauczanie problemowe, które jest metodą dydaktyczną i dotyczy nauczania i uczenia się rozwiązywania problemów z wykorzystaniem komputera. Problemy tu rozwiązywane są problemami na poziomie uczniów, których uczy my, a dla nauczyciela są zwykle zadaniami, ćwiczeniami do rozwiązania.

Komputer może wspomagać nauczanie problemowe w dość szerokim zakresie, szczególnie gdy współpracuje z siecią komputerową (K. Wieczorkowski, 1996). Wiele zagadnień można zasymulować komputerowo i przygotować szereg eksperymentów, które mogą być rozwiązywane przez uczniów lub studentów. Ogromną rolę odgrywa tu interakcja technologiczna (K. Wieczorkowski, 2000).

Technologie komputerowe posiadają możliwości rozwoju kreatywności za pomocą elektronicznych narzędzi pomocniczych. Z najprostszych narzędzi można



użyć: edytory tekstów, arkusze kalkulacyjne, pakiety graficzne. Posiadają one rozszerzone możliwości w zakresie twórczego przetwarzania danych i symbolicznych działań algebraicznych i mogą być wykorzystane do twórczego rozwiązywania zadań matematycznych na poziomie szkolnym oraz na poziomie studiów.

Proces dydaktyczny wspomagany komputerowo niejako sam narzuca konieczność zastosowania metod nauczania problemowego. Wymaga on jednak od nauczyciela opanowania dodatkowo dość szerokiej nowoczesnej wiedzy, poznania szeregu narzędzi programowych i metod komputerowych oraz opanowania wielu umiejętności. Komputer może pełnić w nauczaniu problemowym następujące role:

- gromadzenie programów do rozwiązywania problemów,
- stanowić narzędzie badawcze,
- opracowywanie i uruchamianie programów dla celów nauczania problemowego,
- stanowić środek dydaktyczny prezentujący rozwiązywanie problemów,
- może być narzędziem wspomagającym proces nauczania przez rozwiązywanie problemów,
- może obsługiwać badania traktowane jako proces rozwiązywania problemów.

Można wymienić wiele przykładów komputerowo rozwiązywanych problemów dydaktycznych:

- napisanie krótkiego raportu,
- opracowanie scenariusza zajęć dydaktycznych,
- wykonanie rysunku lub schematu, przygotowanie folii do zajęć,
- wykonywanie projektu,
- edycja tabeli w edytorze tekstów lub arkusza kalkulacyjnym,
- wykonanie obliczeń w arkusza kalkulacyjnym,
- wykonanie wykresu dla danych umieszczonych w tabeli,
- wykonanie wykresu i analiza funkcji matematycznej,
- skopiowanie plików na dyskietkę,
- wczytanie do komputera obrazów za pomocą skanera,
- komputerowa obróbka fotografii,
- wykonanie symulacji wybranego procesu (w naukach przyrodniczych i technicznych),
- wyznaczenie modelu procesu na podstawie analizy danych,
- napisanie programu komputerowego realizującego zadany algorytm,
- wykonanie prezentacji multimedialnej,
- zainstalowanie, uruchomienie i wykorzystanie programu dydaktycznego z określonego przedmiotu.

Zagadnień tego typu można wymienić znacznie więcej. Pod każdym z przykładów kryją się setki konkretnych zadań, które mogą być wykorzystane w różnych sytuacjach problemowych.

ALGORYTMIZACJA ZADAŃ

W komputerowym rozwiązywaniu problemów konieczne jest szczegółowe zaplanowanie rozwiązania problemu. Po zdekomponowaniu problemu, dla każdego podproblemu należy wybrać lub opracować oddzielną metodę rozwiązania. W tym celu trzeba dokonać algorytmizacji zadań. *Algorytm jest jednoznaczny, uniwersalny i skończony przepisem rozwiązania zadania.* Uniwersalność algorytmu polega na tym, że potrafi on rozwiązać nie tylko konkretne zadanie dla określonych danych, ale całą klasę zadań podobnych do rozwiązywanego. Jednoznaczność algorytmu polega na tym, że dla tych samych danych zawsze otrzymuje się te same rozwiązania. W wypadkach probabilistycznych należy rozumieć to jako rozwiązania w sensie statystycznym. Skończoność algorytmu gwarantuje rozwiązanie zadania w sensownym, skończonym czasie. W tym sensie algorytm dający rozwiązanie na komputerze, np. w trzy lata, jest po prostu bezużyteczny. Dla opracowanych algorytmów opracowywane są programy komputerowe. Istnieje możliwość wyboru języka programowania najlepiej nadającego się do opisu algorytmu danego zadania. Następnym etapem jest testowanie poszczególnych programów, ich integracja i testowanie całości. W wypadku występowania błędów w programach, dokonywane są poprawki i cała dalsza procedura jest powtarzana. Proces ten może być powtarzany wielokrotnie – aż do osiągnięcia wysokiego poziomu niezawodności. Prowadzony jest proces optymalizacji programu. Taki program może być dalej stosowany do rozwiązywania klasy problemów, dla której został przewidziany. Istnieje wiele zagadnień problemowych nie poddających się procesowi algorytmizacji. W takich sytuacjach należy szukać heurystycznych metod rozwiązania.

ZESPOŁOWE ROZWIĄZYWANIE PROBLEMÓW

W. Limont (1994) podkreśla za W.J.J. Gordonem znaczenie prac zespołowych w rozwiązywaniu problemów w aspekcie twórczości. Gordon twierdzi bowiem, że „grupa przeciętnie uzdolnionych osób potrafi dokonać odkryć, których nie dokonaliby indywidualnie poszczególni członkowie tej grupy”. Nadaje to wysoką rangę pracom zbiorowym i podkreśla wagę nauczania metod pracy zespołowej. We współczesnej nauce, obudowanej często technologicznie, w wielu dziedzinach ważne, liczące się odkrycia powstają w wyniku prowadzonych prac zespołowych, wymagających współpracy specjalistów.

Dekompozycja dużego problemu na szereg mniejszych podproblemów ma na celu lepszą kontrolę przebiegu rozwiązania każdego zadania częściowego i efektywne zarządzanie całym procesem. Wyniki badań komputerowego rozwiązywania problemów wykazały, że w wypadku stosowania dekompozycji, popełnia się znacznie mniej błędów w programach komputerowych. Określono również optymalne pod tym względem wielkości programów. Nie powinny być one większe niż

kilkadziesiąt instrukcji programowych napisanych w danym języku. Dekompozycja daje ponadto możliwość realizacji problemu w zespole, co sprawia, że rozwiązywanie poszczególnych zadań cząstkowych może być wykonywane równolegle w znacznie krótszym czasie. W takim działaniu kierownik zespołu musi panować nad całością, integrować poszczególne rozwiązania, kontrolować je i ocenić kompletność całkowitego rozwiązania problemu. Ponadto takie podejście pozwala na specjalizację. Każda osoba może specjalizować się w określonych metodach i środkach rozwiązywania zadań. Nowoczesne duże projekty badawcze muszą być realizowane w zespołach, ponieważ jednoosobowa ich realizacja wymagałaby często wielu lat pracy.

Podobnie dzieje się w procesie edukacji. Większe zadania mogą być po zdekomponowaniu zrealizowane w zespole, np. w ciągu kilku zajęć, podczas gdy jednoosobowo mogłyby nie zakończyć się w ciągu całego roku zajęć. W latach dziewięćdziesiątych opracowano i rozwinięto specjalne programy komputerowe służące do wspomaganiania pracy zespołowej, np. Lotus Notes, Net Meeting, Outlook. Z ich pomocą możliwa jest praca zespołowa na odległość w sieci komputerowej (K. Wieczorkowski, 1997).

W. Okoń (1975) wyróżnia trzy formy pracy zespołowej: praca zespołowa jednolita, zróżnicowana, brygadowa. W komputerowym rozwiązywaniu problemów można tu dodać wspólne prace graficzne i wspólne pisanie prac, programów, konferencje grupowe, projekty zespołowe. Stosowane są też specjalistyczne programy służące do uczenia rozwiązywania problemów w nauczaniu danego przedmiotu. Przykładem może być program SureMath służący do nauczania matematyki poprzez rozwiązywanie problemów. SureMath jest pakietem specjalnie zaprojektowanym do rozwiązywania problemów matematycznych. Intensywne badania edukacyjne wskazują wyraźnie na odchodzenie od metod pasywnych na korzyść metod aktywnego rozwiązywania zadań. SureMath jest programem służącym do symbolicznego przetwarzania wyrażeń algebraicznych. Rozwiązywanie problemów może odbywać się indywidualnie lub zespołowo. Cele programu są następujące:

- 1) nauczyć wartości matematyki,
- 2) nauczyć rozwiązywania zadań matematycznych,
- 3) nauczyć komunikacji w matematyce,
- 4) nauczyć uwarunkowań matematycznych.

Komputer jest sprawnym narzędziem rozwiązywania problemów różnego typu. Moc obliczeniowa pozwala na realizację różnych programów i systematyczne śledzenie postępów ich działania. Kilka programów może być wykonywanych jednocześnie, co pozwala na porównywanie postępów rozwiązania. W komputerowym rozwiązywaniu problem musi być przede wszystkim dobrze zdefiniowany, a to oznacza również precyzyjne określenie warunków jego rozwiązania. Opracowano szereg programów komputerowych dla zespołowej realizacji zadań i rozwiązywania problemów w sieci komputerowej. Umożliwia to angażowanie do rozwiązywania problemów najlepszych specjalistów z dowolnych miejsc na świecie (K. Wieczorkowski, 1997).

WIELOWARIANTOWOŚĆ I OPTYMALIZACJA ROZWIĄZAŃ

Mózg człowieka rozwiązując problem, pracuje w ten sposób, że jeśli jakieś rozwiązanie jest niezadowolające lub niemożliwe do zrealizowania w danym momencie, natychmiast przystępuje do szukania innych metod rozwiązania. Komputer jako bardzo szybkie narzędzie, dokładne i uniwersalne, może wykonać rozwiązanie zadania różnymi metodami. Może znaleźć wiele wariantów rozwiązań i dokonać optymalizacji rozwiązywanego problemu, tzn. znaleźć najlepsze rozwiązanie przy określonych ograniczeniach, w danych warunkach. Takie postępowanie daje studentowi możliwość dokonania oceny i wyboru rozwiązania. Większość rozwiązywanych problemów to zadania optymalizacyjne, ponieważ posiadają funkcję celu, a rozwiązania realizowane są w konkretnym, rzeczywistym środowisku narzucającym różne ograniczenia. Poszukiwane rozwiązanie musi spełniać określone warunki, a więc jest to najczęściej jedno z wielu możliwych rozwiązań, ale spełniające narzucone ograniczenia. Ucząc rozwiązywania problemów oraz prowadząc edukację metodami problemowymi, warto również te ograniczenia uwzględniać. Problem ten jako zadanie optymalizacyjne jest we właściwy sposób rozpatrywany w zagadnieniach ekonomicznych (np. w metodach programowania liniowego), gdzie poszukiwanie maksymalnego wyniku ekonomicznego jest realizowane przy ograniczonych zasobach: surowców, pracowników, parku maszynowego itd.

Podobne problemy występują także w edukacji, np. uzyskanie maksymalnej efektywności nauczania, ale w określonych warunkach. Stąd podkreślanie w procesie nauczania problemowego konieczności szukania najlepszych rozwiązań, rozpatrywania wielu wariantów, a nie zadowalanie się pierwszym lepszym rozwiązaniem, jest niezmiernie ważne. Dodatkowo takie postępowanie angażuje umysł, wymaga większej aktywności i kompleksowego spojrzenia na możliwości rozwiązania problemu, w tym również na możliwości komputerów.

PROBLEMOWE UCZENIE SIĘ W PROCESIE SAMOKSZTAŁCENIA I EDUKACJI ZDALNEJ

Kształcenie na odległość opiera się w dużym stopniu na samokształceniu kierowanym. Obecnie student posiada do dyspozycji duży zakres nowoczesnych środków wspomagających proces samokształcenia i samodzielnego zdobywania wiedzy. Wykorzystanie nowych technologii w procesie samokształcenia przedstawione zostało w pracy K. Wieczorkowskiego (1998c). Kształcenie zdalne jest nastawione na wyniki praktyczne. Często jest wykorzystywane w procesie dokształcania i wówczas jeszcze bardziej nastawione jest na cele użyteczne. Kontrola postępów polega najczęściej na realizacji różnego rodzaju zadań i rozwiązywaniu problemów. Czasami jest to napisanie eseju, czasami wykonanie testu, a bywa, że polega ono na wykonaniu złożonych projektów.

Technologie poznawcze realizowane są za pomocą dowolnych rodzajów mediów ułatwiających likwidację ograniczeń pracy mózgu, takich jak ograniczenia pamiętania, aktywnego myślenia, uczenia się, rozwiązywania problemów. Komputery i sieci komputerowe stanowią technologię, która otwiera możliwości komunikacji i twórczego rozwiązywania problemów oraz wzmacnia możliwości poznawcze. Poza tym wirtualna rzeczywistość jest technologią komputerową, która rozszerza te możliwości o sprzężenie ze sferą odczuć fizyczno-emocjonalnych człowieka. Wcześniej wiele podstawowych, bazowych koncepcji w obliczeniach matematycznych było rozważanych z obiektywnego punktu widzenia. Zadania uczniów polegały na przyjmowaniu wiedzy podawanej przez nauczyciela. Technologia, a bardziej precyzyjnie mówiąc wirtualna rzeczywistość, proponuje studentom przesunięcie ograniczeń, zwiększenie możliwości. Te wirtualne doświadczenia dają studentom osobisty zbiór paradygmatów przystosowawczych i wspomaga ich w stosowaniu tych zasad w rozwiązywaniu bardziej kompleksowych problemów. W wirtualnym świecie student może manipulować informacją, konstruować swoją wiedzę, dokonywać jej demonstracji i efektywnie wykorzystywać w rozwiązywaniu problemów. Wszystko to nie wymaga ryzyka ponoszenia kosztów eksperymentu, jak to się dzieje w wielu dziedzinach eksperymentalnych (fizyce, chemii, technice).

UCZENIE SIĘ PRZEZ ODKRYWANIE

Od lat siedemdziesiątych w ramach badań nad sztuczną inteligencją w USA postawiono problem komputerowej symulacji odkryć naukowych. Chodzi o zaprojektowanie i uruchomienie systemów komputerowych, które są zdolne modelować rzeczywisty proces odkrycia naukowego w dziedzinach, takich jak: matematyka, fizyka, chemia czy biologia. Idea nauczania przez odkrywanie może być również wspomagana komputerowo. Rozwijane są prace nad tworzeniem *systemów dokonujących pewnych odkryć empirycznych*, np. prace nad komputerową rekonstrukcją poszukiwania ukrytej struktury materii. Już na początku lat osiemdziesiątych opracowano pierwsze systemy dokonujące odkryć w dziedzinie fizyki, chemii i genetyki. Przykładem jest system ekspertowy Dendral (R. Lindsay, 1980). Zajmuje się on rekonstrukcją struktury cząsteczek związków organicznych, tworząc dla danego wzoru sumarycznego związku chemicznego wszystkie możliwe izomery. Innym jest system Stahl (J.M. Żytkow, H.A. Simon, 1986) opracowany do analizy reakcji chemicznych. System potrafi stwierdzić, które substancje są pierwiastkami, a które związkami chemicznymi oraz próbuje ustalić ich skład. Teoria odkryć maszynowych leży w obszarze zainteresowań zarówno filozofii nauki, jak i samej nauki. Jest formą uprawiania filozofii nauki, zmuszającą do dbałości o szczegóły i precyzyjnego opisanie swoich idei. Współczesne systemy odkryć mają coraz większe znaczenie dla rozwoju samej nauki. Są one w stanie znaleźć równania empiryczne odpowiadające danym wejściowym w laboratorium, analizować bazy danych pod kątem

użytecznej wiedzy, formułować i uzasadniać hipotezy na temat ukrytej struktury materii wyjaśniającej zjawiska obserwowalne.

Teoria odkryć maszynowych stanowi ścisłą formę uprawiania filozofii nauki i ma duże znaczenie praktyczne i edukacyjne. Na gruncie nauki współczesnej systemy dokonujące odkryć empirycznych pozwalają zautomatyzować i ogromnie przyspieszyć proste, lecz żmudne prace laboratoryjne. Są one w stanie wychwycić istotne prawidłowości numeryczne z chaosu danych obciążonych błędem pomiaru. Powtórzenie procesów odkryć w obecnych, lepiej zorganizowanych i wyposażonych laboratoriach, może doprowadzić do uściślenia wyników, a przy okazji do odkrycia pewnych ubocznych, ważnych dla nauki elementów. Dzięki zastosowaniu sprzężonych z komputerem czujników i elementów wykonawczych, systemy odkryć mogą same sterować wykonywaniem prostych eksperymentów. Systemy odkryć mogą także przejąć funkcję technika-laboranta, polegającą na żmudnym powtarzaniu rutynowych eksperymentów i wykonywaniu analiz danych w celu znalezienia ciekawych prawidłowości. Funkcje te spełniają wielokrotnie szybciej i dokładniej od człowieka.

ZAKOŃCZENIE

Nauczanie problemowe jest jedną z najbardziej efektywnych metod kształcenia, choć nie w każdej sytuacji dydaktycznej może być stosowane. Stosunkowo łatwo można stosować metody problemowe w naukach ścisłych: fizyce, matematyce, naukach technicznych, stosuje się je z powodzeniem w nauczaniu geografii i historii. Nieco więcej uwagi należy poświęcić przygotowaniu zajęć w przedmiotach humanistycznych, w których problemy mają nieco odmienną naturę. Toteż nauczyciel powinien wiedzieć, kiedy i w jaki sposób wykorzystać metody nauczania problemowego. Nauczanie problemowe powinno być wspomagane stosowaniem różnych technologii edukacyjnych. Szczególnie duże znaczenie i wysoką efektywność można uzyskać, stosując najnowsze technologie cyfrowe, takie jak: komputery, multimedia, dyski kompaktowe, sieć komputerowa, telewizja kablowa i cyfrowa. Metody aktywnego nauczania i uczenia się są szczególnie cenione w kształceniu zawodowym, doksztalcaniu i kształceniu dorosłych, natomiast metody kształcenia wielostronnego (B. Komorowski, 1968) – w edukacji artystycznej. W szkołach technicznych mają ogromne znaczenie w rozwijaniu twórczości technicznej, wynalazczości i racjonalizatorstwie. Kształcenie wielostronne rozbudza innowacje pedagogiczne. W szkołach ekonomicznych uczy zdolności do szybkiego podejmowania optymalnych decyzji ekonomicznych.

System komputerowy dokonujący odkryć, może być systemem ekspertowym, przeprowadzającym eksperymenty, dokonującym analizy i syntezy pojęć oraz wnioskującym na podstawie posiadanych przesłanek (K. Wieczorkowski, 1998). Konstrukcja systemów odkryć stanowi program analizy procesu odkrycia naukowego

dający większe możliwości praktyczne niż program tradycyjny. Integruje on odkrywanie i uzasadnianie w funkcjonalną całość. Zmusza badacza do precyzyjnego określenia założeń metodologicznych koniecznych przy konstruowaniu działającego systemu. Eksperymenty nad gotowymi systemami ujawniają wiele istotnych cech tkwiących w tych założeniach. W dziedzinie rozwoju metod heurystycznych stosowanych przez systemy odkryć dokonuje się widoczny, wymierny postęp. Jego wykładnią jest efektywność systemów, możliwość radzenia sobie z coraz bardziej skomplikowanymi sytuacjami problemowymi. Można tu więc mówić o *doskonaleniu metody odkrycia naukowego*.

Wszelkie działania podejmowane przez inteligentne systemy związane są z przeszukiwaniem ogromnych z reguły przestrzeni kombinatorycznych. Bardzo rzadko możliwe jest pełne, wyczerpujące wszystkie wypadki, przeszukiwanie. Stąd, aby ograniczyć przestrzeń poszukiwań, stosuje się metody heurystyczne, które jednakże nie mogą zagwarantować uzyskania optymalnych w danych warunkach rozwiązań, a jedynie rozwiązania *efektywne*. Systemy odkryć stanowią swoisty przełom i poważne wyzwanie dla niektórych poglądów na temat odkrycia naukowego. Większość twórców tych systemów poza, wykształceniem w dziedzinie nauk przyrodniczych, żywo interesowało się filozofią nauki. Zdawali oni sobie sprawę z faktu, że sam zamiar konstruowania algorytmów dokonujących odkryć naukowych, stanowi zerwanie z tradycyjnymi, utartymi poglądami głoszącymi, że filozofia nauki powinna się zajmować kontekstem uzasadniania gotowych teorii, a nie procesem ich tworzenia czy też dokonywaniem odkryć. Ten ostatni jako pogląd tradycyjny może stanowić co najwyżej przedmiot badań psychologii czy socjologii nauki.

Interakcja stosowana w programach komputerowych i prezentacjach multimedialnych oraz technologia hipertekstu zwiększają stopień aktywności i pobudzają procesy twórcze u uczniów, studentów i nauczycieli.

LITERATURA

- Biehler R.F., Snowman J., *Psychology applied to teaching*, Houghton Mifflin, Boston, New York 1997, ss. 602.
- Delors J., *Learning: the treasure within. Report to Unesco of the International Commission Education for the twenty-first century*, 1995.
- Faure E., Herrera F., Kaddoura A.-R., Rahnama M., *Uczyć się, aby być*, Fredrich Champion Ward, PWN, Warszawa 1975.
- Gordon W.J.J., *Synectics. The development of creative capacity*, Harper and Brothers Publishers, New York 1961.
- Góralski A., *Zadanie. Metoda. Rozwiązanie. Techniki twórczego myślenia*, WNT, Warszawa 1977.
- Góralski A., *Twórcze rozwiązywanie zadań*, PWN, Warszawa 1989.
- Keegan D.J., *Foundations of Distance Education*, (2 nd ed.), Crom Helm, London 1990.
- Komorowski B., *Kształcenie wielostronne i drogi jego rozwoju*, Wyd. UMCS, Lublin 1968.
- Kozielecki J., *Rozwiązywanie problemów*, PZWS, Warszawa 1969.

- Kupisiewicz Cz., *O efektywności nauczania problemowego*, PWN, Warszawa 1973, s. 176
- LeGrand B., *Developing Continuing Professional Education Programs*, The Guide Series in Continuing Education.
- Lewowicki T., *Indywidualizacja kształcenia. Dydaktyka różnicowa*, PWN, Warszawa 1977.
- Lewowicki T., *Psychologiczne różnice indywidualne a osiągnięcia uczniów*, PWN, Warszawa 1975.
- Limont W., *Synektyka a zdolności twórcze*, Wyd. UMK, Toruń 1994, s. 162.
- Lindsay, R., Buchanan, G.M., Feigenbaum, E.A., Lederberg, R., *Applications of Artificial Intelligence for Organic Chemistry; The Dendral Project*, McGraw-Hill, New York 1980.
- Machmutowa M.J., *Teoria i praktyka nauczania problemowego*, PWN, Warszawa 1972.
- Matuszkińska A.M., *Sytuacje problemowe w myśleniu i nauczaniu*, PWN, Warszawa 1972.
- Mayer R.E., *Thinking, problem solving, cognition*, Freeman, New York 1992.
- Meyers, C., Jones, T., *Promoting active learning: Strategies for the college classroom*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco 1993.
- Newell A., Simon H.A., *Human problem solving. Englewood Cliffs*, Prentice Hall, New York 1972.
- Nęcka E., *TROP... Twórcze rozwiązywanie problemów*, Oficyna Wyd. Impuls, Kraków 1994, s. 226
- Okoń W., *Wielostronne uczenie się a problem aktywności uczniów*, „Nowa Szkoła” nr 7/8, 1965, s. 168.
- Okoń W., *Nauczanie problemowe we współczesnej szkole*, WSiP, Warszawa 1975.
- Okoń W., *Kształcenie wielostronne. Encyklopedia pedagogiczna*, Fundacja Innowacja, Warszawa 1993, s. 332-334.
- Papert S., *Burze mózgów. Dzieci i komputery*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 1996.
- Polya G., *How to solve it*, Princeton University Press, Princeton 1945.
- Popek S., *Analiza psychologiczna twórczości dzieci i młodzieży*, WSiP, Warszawa 1985.
- Psychologia*, T. Tomaszewski (red.), PWN, Warszawa 1975.
- Putkiewicz E., *Nauczanie problemowe. Encyklopedia pedagogiczna*, Fundacja Innowacja, Warszawa 1993, s. 425-426
- Schank R., *Informacje to niespodzianki*, [w:] J. Brockman (red.), *Trzecia Kultura*, Wyd. CIS, Warszawa 1996, s. 228-247.
- Strykowski W., Gawrecki L., *Techniki audiowizualne w nauczaniu problemowym*, CDN, Kalisz 1981.
- Śnieżyński M., *Nauczanie aktywizujące*, Wyd. Nauk. WSP, Kraków 1984, s. 162.
- Thinking and problem solving*, R.J. Sternberg R.J. (red.) Academic Press, San Diego 1994.
- Teaching by Satellite in European virtual classroom ZIFF*, Report 92, Fern Universiaet, Haga 1992.
- Wieczorkowski K., *Telematyczne metody w edukacji na dystans*, „Toruńskie Studia Dydaktyczne” 1995, z. 8, s. 49-60.
- Wieczorkowski K., *Możliwości stosowania nowoczesnych metod informatycznych w kształceniu na dystans*, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 1996 (praca doktorska, maszynopis), s. 243.
- Wieczorkowski K., *Metody informatyczne w nauczaniu na dystans. Sprawozdanie z badań*, „Neodidagmata” 1997, t. XXIII, s. 129-156.
- Wieczorkowski K., *Komputerowe systemy wspomaganie nauczania, uczenia się i egzaminowania*, [w:] W. Strykowski (red.), *Media a Edukacja 2*, Wyd. eMPI², Poznań 1998, s. 525-542.
- Wieczorkowski K., *Systemy wyszukiwania informacji wizualnej*, [w:] M. Sysło (red.), *Informatyka w Szkole XIV*, Lublin 1998a, s. 393-401.
- Wieczorkowski K., *Edukacyjne sieci komputerowe*, [w:] Cz. Daniłowicz (red.), *Multimedialne i sieciowe systemy informacyjne*, Wrocław 1998b, s. 227-235.
- Wieczorkowski K., *Nowe technologie w procesie samokształcenia*, „Studia Edukacyjne” 1998c, nr 4, s. 121-134.
- Wieczorkowski K., *Trójwymiarowa wizualizacja komputerowa w zastosowaniach naukowych i edukacyjnych*, „Neodidagmata” 1999, t. XXIV, s. 143-160.

Wieczorkowski K., *Metody komputerowe w badaniach edukacyjnych. Edukacja. Studia. Badania. Innowacje*, 2000, s. 52-67.

Wieczorkowski K., *Metody i technologie interakcyjne w edukacji dorosłych*, „Edukacja Dorosłych” 2000, nr 4, s. 93-105.

Zaczyński W., *Uczenie się przez przeżywanie*, WSiP, Warszawa 1989.

Żytkow J.M., Simon H.A., *A Theory of Historical Discovery: The Construction of Componential Models*, „Machine Learning” 1986, 1, s. 107-136.