

Karolina Ziembowicz

Uniwersytet Warszawski,  
Instytut Studiów Społecznych im. Roberta B. Zajonca

## MODELE UMYSŁOWE – ICH DIAGNOZA I ROLA W NABYWANIU WIEDZY\*

Modele umysłowe odgrywają ważną rolę w procesie nabywania wiedzy. Nauka poprzez wytworzenie modelu umysłowego jest w sposób immanentny aktywna, zdobywana w interakcji z otoczeniem. Opierając się na osobistym doświadczeniu, uczeń staje się centralnym punktem odniesienia dla przyswajanych informacji. Naturalny dla dziecka, oparty o budowanie modeli umysłowych sposób nabywania wiedzy, różni się od typowych zasad nauczania przyjętych w szkole. Wiedza szkolna podawana jest najczęściej w sposób pasywny, czyniąc dziecko obserwatorem, a nie aktorem, i biernym odbiorcą treści na wysokim poziomie abstrakcji. Artykuł stanowi przegląd istniejącej literatury ze szczególnym uwzględnieniem metod diagnozy różnych sposobów reprezentacji wiedzy w modelach umysłowych oraz koncepcji uczenia się opartego o doświadczenie. Wiedza na temat tego, jak tworzą się i działają modele umysłowe może poprawić skuteczność nauczania szkolnego, szczególnie w abstrakcyjnych dziedzinach wiedzy, takich jak matematyka.

**Słowa kluczowe:** modele umysłowe, diagnoza; edukacja szkolna; proces nabywania wiedzy.

### MODELE UMYSŁOWE – ICH DIAGNOZA I ROLA W NABYWANIU WIEDZY

Modele umysłowe to narzędzia poznania ludzkiego, które służą do reprezentowania otaczającej rzeczywistości (Gentner, 2002). Są teoriami umysłu na temat funkcjonowania rzeczy i zjawisk w świecie fizycznym – zarówno konkretnych, na przykład: co sprawia, że rośliny doniczkowe rosną, od czego zależy jak daleko polecą rzucony przez człowieka przedmiot, jak i bardziej abstrakcyjnych, takich jak prąd

elektryczny, funkcja liniowa w matematyce czy też oddziaływanie grawitacji. Za pomocą modeli umysłowych ludzie nadają sens swoim doświadczeniom i łączą je w całościowy obraz otaczającego świata, co pozwala im dostrzegać powiązania przyczynowo-skutkowe pomiędzy zdarzeniami, rozumować w sposób dedukcyjny, jak i indukcyjny, a także formułować przewidywania na temat dynamiki obserwowanych zjawisk (Gentner, Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983). Dzięki temu modele umysłowe umożliwiają celowe działanie człowieka w jego środowisku.

Modele umysłowe znajdują się w centrum zainteresowania psychologów rozwojowych oraz pedagogów, ponieważ odgrywają ważną

\* Powstanie artykułu było wspierane przez grant „Innowacyjny program nauczania matematyki dla liceów ogólnokształcących”. UDA- POKL.03.03.04-00-062/12-00

rolę w procesie nabywania wiedzy. Pozwalają na przeprowadzanie tzw. eksperymentów myślowych (*Gedanken experiments*), czyli mentalnych symulacji przyszłych stanów systemu, gdy dane są określone warunki początkowe (Hegarty, Just, 1993; Gentner, 2002; Markman, Gentner, 2001, Rasmussen, 1983; Rouse, Morris, 1986). Wytworzenie modelu umysłowego w danej dziedzinie pozwala na wysnucie wniosków z przesłanek i wykorzystanie tych wniosków do radzenia sobie w nowych sytuacjach problemowych (Jonassen, Wilson, Wang, Grabinger, 1993; Norman, 2002).

Nauka za pomocą modeli umysłowych przebiega w dynamicznej relacji pomiędzy jednostką a jej środowiskiem – jest związana z kontekstem i motywowana potrzebą osiągnięcia określonych rezultatów korzystnych dla Ja (Choi, Hannafin, 1995). Wiedza o budowie modeli umysłowych może ułatwić nauczycielom i wychowawcom w takim kierowaniu procesem uczenia się, który umożliwi uczniom wytworzenie dopasowanych do sytuacji, uwzględniających subiektywną perspektywę modeli świata, które pomogą im w aktywnym i rozumnym działaniu w środowisku.

Opisanie zawartości modelu umysłowego danego indywiduum nie jest zadaniem prostym – często jego działanie i sposób reprezentacji wiedzy stanowi zagadkę nawet dla samego posiadacza. Jak pisze Rapp (2005), modele umysłowe nie istnieją fizycznie, nie można mieć do nich dostępu za pomocą neuroobrazowania czy chirurgii, wywiad introspekcyjny może odsłonić tylko tę część modelu umysłowego, która jest dostępna z poziomu meta-poznawczego. Z drugiej strony zrozumienie budowy modeli umysłowych jest zadaniem koniecznym, jeśli chcemy poznać różnice pomiędzy modelami nieefektywnymi i efektywnymi oraz metody nauczania trafnych modeli umysłowych. Szczególnie ważne jest to w przypadku dziedzin abstrakcyjnych, takich jak matematyka, w której omawiane pojęcia nie mają oczywistego prze-

łożenia w świecie rzeczywistym, co utrudnia uczniom spontaniczne wytworzenie modeli umysłowych. W poniższym tekście dokonamy przeglądu opisanych w literaturze przedmiotu technik pomiaru i kwantyfikacji wiedzy zawartej w modelach umysłowych. Poświęcimy także uwagę temu, jak wiedza o budowie i działaniu modeli umysłowych może pomóc w opracowaniu efektywnych strategii nauczania modeli umysłowych w środowisku szkolnym.

## DEFINICJA MODELI UMYŚLOWYCH

Twórca pojęcia modeli umysłowych, szkocki psycholog i socjolog Kenneth Craik opisał je jako „konstrukty umysłu, który tworzy <<mało-skalowe modele>> rzeczywistości do antycypowania przyszłych wydarzeń, do rozumowania i do formułowania uzasadnień” (1943, cytata za: Johnson-Laird, Girotto, Legrenzi, 1998, str. 1). Choć są konstruktem czysto teoretycznym, „istniejącym” tylko w umyśle, trudno wytłumaczyć wiele z aspektów ludzkiego funkcjonowania bez odwołania się do modeli umysłowych (Conant, Ashby, 1970).

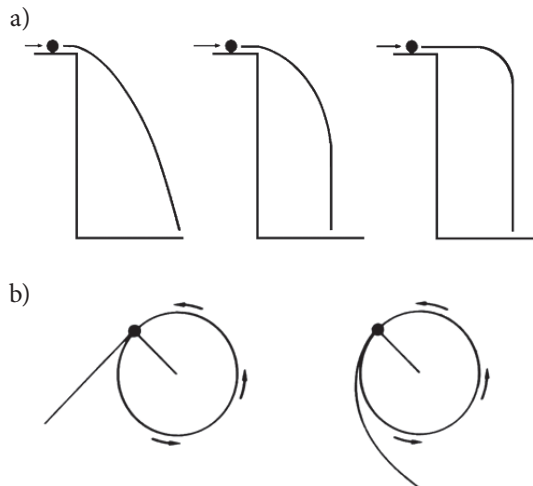
W swojej definicji model umysłowy nie jest jedynie repliką doświadczenia w świecie rzeczywistym, lecz pozwala na wychodzenie poza obserwowalne fakty (Shute, Zapata-Rivera, 2008). Kahneman i Tversky (1982) używają metafory komputerowej do wytłumaczenia sposobu działania modelu umysłowego. W podobny sposób, w jaki program komputerowy może zostać „puszczony” aby „zwrócić” określone wyniki procedur i funkcji, tak model umysłowy może zostać „wprawiony w ruch”, co sprawi, że zostaną sformułowane inferencje o przyszłym stanie reprezentowanego fragmentu rzeczywistości.

Modele umysłowe odzwierciedlają proces zdobywania wiedzy o świecie poprzez doświadczenie – przypadkowe obserwacje, błędne wnioski, przeoczenie istotnych faktów. Nor-

man (1983) podsumowuje wnioski z własnych eksperymentów nad modelami umysłowymi pisząc, iż często są one niepełne, niechlujne, źle zdefiniowane i niedokładne. Często ludzie wolą podjąć więcej wysiłku fizycznego w rozwiązanie problemu, niż zaplanować swoje działanie za pomocą adekwatnego modelu umysłowego. Nieraz ich wnioskowanie opiera się na przesądach, myśleniu magicznym, a nietrafne modele, jeśli zostaną dobrze przyswojone, niełatwo ulegają zmianie, nawet w obliczu przeczących im faktów.

Przeprowadzone wnioskowanie jest precyzyjne pod warunkiem, że leżący u jego podstaw model umysłowy poprawnie odwzorowuje relacje w świecie rzeczywistym. Nawet, jeśli samo rozumowanie zostanie przeprowadzone poprawnie, jeśli jest oparte na błędnych założeniach, doprowadzi do mylnych wniosków. Jak potwierdzają badania, posiadanie adekwatnego modelu warunkuje efektywniejsze nabywanie wiedzy w wielu dziedzinach (np. Mayer, 1989; DeKleer, Brown, 1981), a zwłaszcza w naukach ścisłych, takich jak matematyka (Rouse, Morris, 1986). Porównania pomiędzy ekspertami i laikami wykazały, że modele mentalne należące do ekspertów nie zawierają więcej informacji niż modele laików, a raczej są bardziej dokładne i w sposób bardziej złożony przedstawiają powiązania między pojęciami (Chi i in. 1981; Glaser, 1984, por. Ryc. 1).

Niestety „oduczenie” niewłaściwych modeli umysłowych nie jest zadaniem prostym. Jak donosi wielu autorów (Clement, 1983; Collins, Gentner 1987; DiSessa, 1982; McCloskey, 1983), nawet ukierunkowana interwencja zorientowana na zmianę nietrafnego modelu może spowodować, że osoba będzie utrzymywać amalgamat złożony z dwóch modeli jednocześnie – starego, wyuczonego modelu oraz nowego, poprawnego – zwłaszcza wtedy, kiedy codzienne doświadczenia nie dostarczają dobitnych dowodów na słuszność nowego modelu.



Ryc. 1. Przykłady trafnych i nietrafnych modeli umysłowych „fizyki intuicyjnej” (McCloskey, 1983). a) Spadanie poruszającego się obiektu z krawędzi, b) kierunek siły impetu cyrkularnego.

W podsumowaniu definicji modeli umysłowych możemy powiedzieć, że są one zinternalizowaną strukturą wiedzy używaną do rozwiązywania problemów. Puszczanie ich w ruch pozwala na zbadanie zależności przyczynowo-skutkowych między zdarzeniami i na przewidzenie efekty, które nie są ani widoczne, ani oczywiste na pierwszy rzut oka. Mogą być wykorzystywane w różnych okolicznościach jako funkcja integrująca stymulację sytuacyjną z posiadaną przez podmiot wiedzą (Rapp, 2005). To, czy rozumowanie będzie pomyślnie czy niepomyślnie zakończone, zależy od konstrukcji oraz poprawnego użycia modelu.

W kolejnej sekcji przyjrzymy się głównym elementom składowym, które konstytuują ten system reprezentacji wiedzy. Przyjrzymy się różnym formom reprezentacji informacji za pomocą modeli umysłowych i dokonamy przeglądu metod używanych do ich ewaluacji. Trafne zdiagnozowanie indywidualnego modelu umysłowego jest warunkiem koniecznym do zainicjowania procesu korekty ukrytych

w nim niewłaściwych założeń i wypracowanie bardziej adekwatnej reprezentacji nauczanego przedmiotu.

### RÓŻNE SYSTEMY REPREZENTACJI WIEDZY W MODELACH MENTALNYCH I ICH POTENCJAŁ EDUKACYJNY

Pojęcie modelu umysłowego jest pojemne, choć jednocześnie trudne do zoperacjonalizowania (Jonassen, Strobel, Gottdenker, 2005). Nie ma jasności co do tego, czy modele są w swej istocie semantyczne, czy są symulacjami umysłowymi, czy też wiedzą proceduralną zapisaną w formie reguł inferencji. Wielu badaczy zgadza się, że modele umysłowe składają się z wielu niejednorodnych, lecz nakładających się systemów reprezentacji wiedzy (Johnson-Laird, 1983). Są zbudowane zarówno w kodzie werbalnym, który pozwala na zrozumienie wyjaśnień dostarczanych przez inne osoby i sformułowanie semantycznego opisu danego zjawiska, ale także w kodzie niewerbalnym, tzw. kodzie wyobrażeń obiektów spotkanych w rzeczywistości (Johnson-Laird, 1983; Markman, Gentner, 2001). Jak podsumowuje Rapp (2005), składają się z reprezentacji, które „przechowują fizyczne, przestrzenne i konceptualne własności rzeczywistych doświadczeń” używanych do „rozwiązywania nowych problemów, generowania hipotez i transferu wiedzy z jednej dziedziny do drugiej” (str. 45). Jonassen i współpracownicy (2005) w sposób systematyczny porządkują różne rodzaje reprezentacji wiedzy składającej się na model umysłowy. W dalszym przeglądzie wykorzystamy zaproponowany przez tych autorów podział na typy reprezentacji wiedzy w modelu umysłowym, kolejno omawiając stosowane metody diagnozy i pomiaru ich wartości edukacyjnej.

### WIEDZA STRUKTURALNA

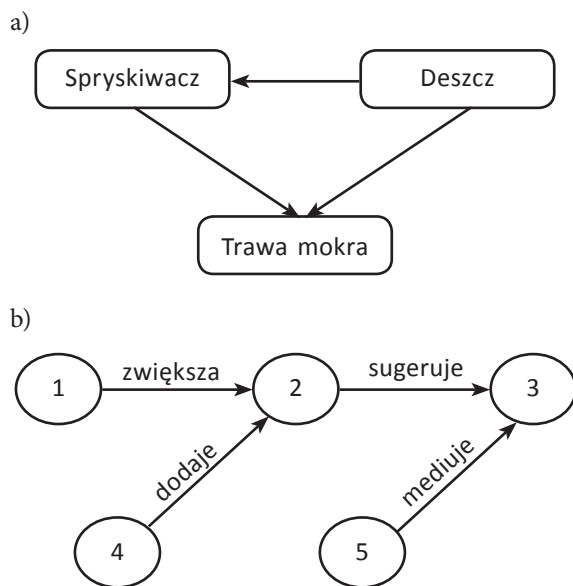
U podstaw modeli umysłowych leżą zorganizowane struktury wiedzy semantycznej: pojęcia, reguły i relacje pomiędzy nimi (Jonassen i in., 2005). Powiązania pomiędzy koncepcjami są uznawane za jakościowe (porządkowe), a nie ilościowe (Forbus, 1984; Forbus, Gentner, 1997; Gentner, 2002; Shute, Zapata-Rivera, 2008). Oznacza to, że opierają się one na powierzchniowym oszacowaniu, czy dana wielkość jest większa, czy mniejsza od innej. Teoria procesu jakościowego (*qualitative process theory*, Forbus, 1984) określa m.in. takie komponenty owej struktury semantycznej (na przykładzie modelu gotowania wody): a) jednostki, takie jak woda w garnku; b) jakościowe relacje, takie jak temperatura wody (powyżej temperatury zamrażania i poniżej temperatury gotowania); c) procesy, które wywołują zmianę w systemie (dopływ ciepła) (Gentner, 2002).

Powiązania strukturalne mogą być odzwierciedlane i mierzone za pomocą tzw. map koncepcyjnych (*concept maps*, Shute, Zapata-Rivera, 2008), gdzie połączenia reprezentują różnorodne zależności semantyczne pomiędzy pojęciami zawartymi w modelu umysłowym (por. Ryc. 2). Mapa koncepcyjna jest eksternalizacją wiedzy semantycznej zawartej w modelu umysłowym. Jest ona rodzajem „mapy myśli”, wizualizacji powiązań pomiędzy pojęciami, tworzonej przez samą osobę badaną przy pomocy osoby robiącej wywiad. W typowej mapie koncepcyjnej pojęcia są ze sobą połączone poprzez strzałki oznakowane typem relacji, takim jak np. „jest częścią”, „powoduje”, „przyczynia się do” (Shute, Zapata-Rivera, 2008). Kierunek strzałki odzwierciedla kierunek rozumowania.

Mapa koncepcyjna to dobry materiał pomiarowy złożoności modeli umysłowych. Jej wskaźnikami są m.in. liczba węzłów i połączeń, liczba połączeń poprzecznych, liczba

hierarchicznych poziomów mapy, ilość przykładów danego zjawiska (Vo, Poole, Courtney, 2005; Shute, Zapata-Rivera, 2008). Częstość jest porównanie map koncepcyjnych opracowywanych przez laików z mapami stworzonymi przez ekspertów (Ifenthaler, Pirnay-Dummer, Seel, 2007).

Zaletą tej metody diagnozy modeli umysłowych z perspektywy nauczycieli jest jej prostota i łatwość użycia w klasie szkolnej. Ponieważ mapy koncepcyjne bazują na wiedzy deklaratywnej, mogą być budowane przez uczniów samodzielnie lub w interakcji z nauczycielem, który jednocześnie wskazuje ewentualne braki i sprzeczności w modelu umysłowym i proponuje jego udoskonalenia.



Ryc. 2. Przykłady map koncepcyjnych, za: a) Gentner (2002) i b) Shute, Zapata-Rivera (2008).

## WIEDZA PROCEDURALNA

Kolejnym elementem modelu umysłowego według Johanssena i innych (2005) jest wiedza proceduralna. Pozwala ona podmiotowi

na używanie modelu umysłowego w relacji ze światem fizycznym. Rezultatem działania wiedzy proceduralnej w modelu umysłowym jest plan działań mających doprowadzić do możliwie najlepszego rozwiązania problemu. W przykładzie gotującej się wody wiedza proceduralna pozwala podmiotowi dobrać odpowiedni garnek, właściwy palnik i oszacować czas gotowania wody.

Wiedzę proceduralną można zdiagnozować prosząc osoby badane, by myślały na głos podczas rozwiązywania zadania (*think-aloud protocols*, Jonassen, Henning, 1999; Ericsson, Simon, 1984). Inną popularną metodą jest procedura uczenia zwrotnego (*teach-back procedure*), w której osoby badane są proszone o wytłumaczenie laikowi, jak wykonywać dane zadanie lub jak używać jakiegoś narzędzia (van der Veer, 1989). Jednak pytanie o relację werbalną z procesem rozumowania nie jest wystarczające, ponieważ daje dostęp jedynie do świadomej warstwy działania modelu. Dlatego wielu badaczy decyduje się na sprawdzenie wiedzy proceduralnej w działaniu, poprzez takie dobranie zadań, które za pomocą różnych detali pozwolą określić, jaki model umysłowy został użyty do rozwiązania zadania. Detale te dotyczą takich zmiennych jak wzorce poprawnych i niepoprawnych odpowiedzi, czasy reakcji, ruchy gałek ocznych, czy charakterystyczne błędy popełniane przez badanych (Gentner, Gentner 1983; Hegarty, Just, 1993; Gentner, 2002). Strategie używane przez podmiot do radzenia sobie z zadaniem pozwalają na oszacowanie poziomu i złożoności posiadanego modelu umysłowego.

Wsparcie dla rozwoju wiedzy proceduralnej w środowisku szkolnym stanowić mogą wszelkiego rodzaju eksperymenty w świecie fizycznym, ćwiczenia manualne, projekty wymagające samodzielnego wykonania. W chemii może to być samodzielne zbudowanie modelu cząsteczkowego związku chemicznego czy przygotowanie roztworu, w geometrii wykonanie



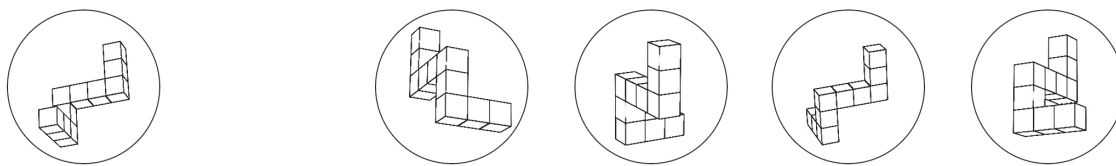
konstrukcji geometrycznej, w biologii praca z mikroskopem. Zakreślona tutaj metodologia pracy jest świetnie znana nauczycielom, jednak nadal zbyt rzadko wykorzystywana. W dobie cyfrowej wiedza proceduralna może zyskać dodatkowe wsparcie przez wykorzystanie specjalnie zaprojektowanych programów komputerowych. Świetnym programem do interaktywnej zabawy i przyswajania abstrakcyjnych pojęć matematycznych jest na przykład Geogebra (geogebra.org). Podobnych, darmowych programów dostępnych przez Internet jest obecnie tysiące.

### WYOBRAŻNIA WZROKOWA

Istotnym komponentem modelu umysłowego jest wyobrażenie – obraz umysłowy reprezentowanego systemu (Jonassen i in., 2005). W swojej obrazkowej teorii języka Ludwig Wittgenstein (1922) określa myśl jako logiczny obraz faktów. Wielu ludzi nabywając wiedzę konstruuje mentalny obraz systemu, który może przypominać diagram czy schemat architektoniczny, ale również zawierać percepcyjne wspomnienia podmiotu (w przykładzie z wodą: mentalny obraz szafki z garnkami i kuchenki). Wyobrażanie sobie budynku z niewidocznej strony, umiejętność posługiwania się mapą, świadomość odległości miejsc w przestrzeni i zdarzeń w czasie, rozumienie abstrakcyjnych pojęć liczby, objętości, czy ciężaru – to rezultaty pracy modeli umysłowych uwzględniających relacje percepcyjno-przestrzennych.

Cechą wyobrażeń istotną dla zrozumienia ich roli w reprezentacji wiedzy jest koncepcja izomorfizmu funkcjonalnego (Shepard, Cooper, 1982). Mówi ona o tym, że przekształcenia dokonywane na wyobrażeniach odwzorowują rzeczywiste manipulacje dokonywane na obiektach w przestrzeni trójwymiarowej (są analogami rzeczywistych przekształceń). Przekształcenia te są odwzorowywane przez umysł razem z przestrzennym układem elementów reprezentacji. Można zatem mówić o powiększaniu wyobrażeń, ich rotacji, zaginaniu, przesuwaniu, odtwarzaniu itp. Shepard i współpracownicy wykazali eksperymentalnie, że zmiany w czasie, jakim podlegają wyobrażenia wzrokowe, są podobne do tych, które można obserwować w przypadku ruchu rzeczywistych obiektów.

Zdolność do tworzenia wyobrażeń przestrzennych jest mierzona przez różnorakie testy typu papier ołówek. Wyróżnia się 3 główne zdolności w ramach wyobraźni przestrzennej: rotację umysłową, percepcję przestrzenną i wizualizację przestrzenną (por. Tuross, Ervin, 1999). Rotacja umysłowa jest definiowana jako zdolność do obracania reprezentacji wyobrażeniowych dwuwymiarowych i trójwymiarowych obiektów. Jednym z najbardziej rozpowszechnionych testów mentalnej rotacji jest MRT (*Mental Rotation Test*) opracowany przez Vandenbergę i Kuse (1978, por. Ryc. 3), mierzy ją również podskala APIS-Z (Matczak, Jaworska, Szustrowa, Ciechanowicz, 1995). Percepcja przestrzenna to zdolność do ignorowania dystraktorów utrudniających rozpoznanie



Ryc. 3. Zadanie z testu Vandenbergę i Kuse (1978) mierzącego zdolność rotacji umysłowej

relacji przestrzennych i identyfikację postrzeżanego obiektu. Testy służące do jej pomiaru to *Rod and Frame test* (Witkin, Dyk, Faterson, Goodenough, Karp, 1962) lub *Water Level Test* (Piaget, Inhelder, 1948/1956). Wizualizacja przestrzenna jest określana jako zdolność do opracowania właściwego, kilkietapowego rozwiązania zadania wykorzystującego złożone informacje przestrzenne. Zdolność tę mierzy test *Embedded Figures and Paper Folding* (Ekstrom, French, Herman, Dermen, 1976).

Jak pokazują prace naukowe, wyobrażenie wzrokowo-przestrzenną nie tylko można mierzyć, ale też trenować. Pozytywny wpływ treningu polegającego m.in. na wielokrotnym rozwiązywaniu testów, graniu w komputerowe gry przestrzenne, czy też oddziaływanie ukierunkowanej edukacji szkolnej na poziom zdolności przestrzennych był charakteryzowany w wielu studiach (por. metaanaliza Baenninger, Newcombe, 1989, 1995 a także np.: Cherney, 2008; De Lisi, Wolford, 2002, Voyer, Nolan, Voyer, 2000). Trening zdolności przestrzennych może przyczyniać się do minimalizacji obserwowanych różnic międzypłciowych w tym zakresie (por. metaanaliza Voyer, Voyer, Bryden, 1995), a nawet do niwelacji tych różnic (np. Cherney Jagarlamudi, Lawrence, Shimabuku, 2003). Konsekwencją takiego treningu może być szerszy dostęp kobiet do typowo „męskich” karier, takich jak inżynieria, matematyka, fizyka, medycyna, architektura, sport, czy lotnictwo (np. Turos, Ervin 1999). Zdolność do budowania wyobrażeń powinna być zatem traktowana przez edukatorów jako zdolność podlegająca treningowi i nauce, a nie jako stała cecha uczniów.

## METAFORY

Metafora to najbardziej naturalna, spontanicznie używana przez ludzi metoda tworzenia modeli umysłowych (Jonassen, Henning, 1999;

Jonassen i in., 2005). Metafora może zawierać w sobie znaczenie modelu umysłowego, ponieważ łączy w sobie wiele różnorodnych elementów – wyobrażeniowy, symboliczny, strukturalny i referencyjny, pozwalając na formułowanie analogii i porównań do już opanowanych dziedzin wiedzy (jw.; Gentner, 2002). Pewne rodzaje metafor wydają się uniwersalne. Na przykład Gentner i Gentner (1983) zidentyfikowali dwa pospolite modele elektryczności – model płynącej wody i poruszającego się tłumu. Choć żaden z nich nie jest do końca poprawny, oba są użyteczne do wytłumaczenia innej klasy zjawisk związanych z elektrycznością. Model płynącej wody lepiej opisuje pojęcie napięcia elektrycznego, natomiast model poruszającego się tłumu – pojęcie oporu elektrycznego (Gentner, 2002).

Pomiar metaforycznego aspektu modeli umysłowych często odbywa się za pomocą wywiadów czy kwestionariuszy, może być także testowany w działaniu, podobnie jak wiedza proceduralna (Collins, Gentner 1987, Kempton 1986). W środowisku szkolnym zaproponowanie przez nauczyciela trafnej metafory nauczanego zjawiska może pozwolić uczniom intuicyjnie wychwycić jego istotę i odnieść ją do do pojęć z realnego życia, podobnie, jak czynią to np. przysłowia.

## WIEDZA WYKONAWCZA

Innym budulcem modeli umysłowych jest wiedza wykonawcza (*executive knowledge*, Jonassen i in. 2005). Odpowiada ona za elastyczność modelu poznawczego, czyli za to, czy dana osoba jest w stanie dobrać adekwatny model umysłowy do określonej sytuacji problemowej. Aktywacja właściwego modelu pozwala na takie rozdzielanie zasobów poznawczych, które minimalizuje wysiłek poznawczy włożony w zadanie. Pomiar tego aspektu modeli umysłowych może polegać na sprawdzeniu, jak szybko

osoba jest w stanie przełączyć się z jednej strategii poznawczej na drugą w odpowiedzi na stopniowe zmiany sytuacji problemowej (Jonassen i in. 2005). Uczeń rozbudowuje wiedzę wykonawczą w oparciu o wytrwałe powtarzanie ćwiczeń i zadań, jednak równie istotna jest potrzeba poznania wielu równorzędnych technik rozwiązywania danego problemu. Dzięki zapoznaniu się z wieloma technikami uczeń będzie potrafił bardziej elastycznie dobrać odpowiednią strategię do określonej sytuacji problemowej i zasobów, którymi dysponuje.

## PRZEKONANIA

Przekonania to świadome lub nieświadome aksjomaty, którymi posługuje się człowiek w swojej egzystencji (Jonassen i in., 2005). Przekonanie łączy model umysłowy z indywidualnością danego człowieka (Durkheim, 1915, za: Jonassen et al., 2005). Osobiste przekonania o ontologii i epistemologii stanowią podwalinę koherentnej osobowości, często będąc same w sobie niekoherentne. Dlatego zmiana systemu przekonań może skutkować fundamentalną zmianą sposobu rozumienia otaczającego świata.

Przykładem tego, jak przekonania wpływają na modele umysłowe, są atrybucje. Osoby, które doświadczając porażki przypisują jej przyczyny stałym dyspozycjom (zdolnościom), a nie czynnikom zewnętrznym, są mniej skłonne do włożenia większego wysiłku poznawczego w poprawienie swoich wyników i uczenie się (Gutbezahl, 1995). Także takie cechy osobowości, jak dogmatyzm (Rokeach, 1954) czy potrzeba domknięcia (Webster, Kruglanski, 1994) determinują sposób przetwarzania informacji przez podmiot, wybór takich a nie innych przesłanek rozumowania i konstrukcję modeli umysłowych. Środkiem zaradczym przeciw wytworzeniu się nieefektywnych, osłabiających atrybucji w edukacji szkolnej jest postawa nauczyciela, który chwali za włożony wysiłek

i postępy ucznia, a nie za ostateczny efekt jego pracy (Dweck, 1986).

Przegląd różnych elementów składających się na modele umysłowe pokazuje, jak bogaty jest ten system reprezentacji wiedzy. Tradycyjny sposób przedstawiania wiedzy w szkole, jeśli polegać będzie głównie na prezentowaniu teorii i rozwiązywaniu abstrakcyjnych zadań nie wystarczy, by zastąpić multimodalną „wiedzę naiwną” zgromadzoną podczas interakcji ze obiektami w przestrzeni fizycznej. Nauka poprzez tworzenie modelu umysłowego nie polega tylko na zrozumieniu zjawiska, ale także na codziennym używaniu tej wiedzy i jej testowaniu w świecie rzeczywistym.

Chociaż ludzie mogą uczyć się poprzez poznanie abstrakcyjnego systemu pojęć i teorematów, to jednak naturalnym sposobem uczenia się jest doświadczenie, prowadzące do powstawania modeli umysłowych. Zrozumienie fundamentalnej różnicy pomiędzy tymi dwoma sposobami zdobywania wiedzy może pozwolić na bardziej skuteczne dobranie narzędzi edukacyjnych, także tych, które uwzględnią naturalny sposób zdobywania wiedzy przez uczniów, z jego wszystkimi zaletami i niedociągnięciami.

## KONCEPCJA NAUCZANIA OPARTEGO O DOŚWIADCZENIE

Jak zauważyliśmy, modele umysłowe są odzwierciedleniem nabywanych w ciągu życia doświadczeń w interakcji ze zjawiskami w przestrzeni fizycznej. Literatura dotycząca modeli umysłowych wskazuje, że rozumowanie ludzkie jest konserwatywne, tj. opiera się na reprezentacjach przywiązanych do kontekstu, w którym przebiegał proces nabywania wiedzy (Gentner, 1989, Medin, Ross, 1989). Z tego powodu często opiera się ono na niepełnych i niedokładnych danych i nie uwzględnia tych aspektów reprezentowanego zjawiska, których podmiot nie mógł poznać na drodze osobistego doświadczenia.



O doświadczeniowym charakterze nabywania wiedzy często zapomina się w szkole. Często sprawdzanie danego zakresu wiedzy w takich dziedzinach jak matematyka, fizyka czy inne dziedziny ścisłe, wiąże się z używaniem zadań o typowej, jednolitej konstrukcji (Pollit, Ahmed, 2000). Ma to taki rezultat, że uczniowie przyswajają sobie jeden charakterystyczny model rozwiązywania zadania, zamiast budować bardziej elastyczną, całościową reprezentację danego obszaru wiedzy. Poddani takiemu treningowi uczniowie uczą się oczekiwać, że zostaną zapytani o coś w określony sposób. Jeśli tylko typ zadania ulegnie zmianie, nie potrafią poradzić sobie z transferem wiedzy na nowy kontekst.

Brak transferu badacze wiążą ze sposobem nauczania szkolnego, w którym podawane informacje są często abstrakcyjne, oddzielone od warunków, w których mogą nabierać znaczenia (Carraher, Carraher, Schliemann, 1985; Lave, 1979; Perkins, 1985). Uczniowie uczą się rozwiązywać zadania w ramach wyabstrahowanych, często zbyt uproszczonych, nieautentycznych kontekstów, często bez dostępu do codziennych, zwykle stosowanych w danej sytuacji problemowej narzędzi.

Ważnym aspektem hamującym proces nabywania wiedzy jest trwałość nietrafnych modeli umysłowych. Badania pokazują, że trening oparty na teorii jest nieadekwatny do tego, by skutecznie przekształcić naiwną wiedzę zgromadzoną za pośrednictwem doświadczenia (Clement, 1983; diSessa, 1982; McCloskey, 1983). W standardowym, pasywnym schemacie uczenia się, uczniowie są jedynie biernymi odbiorcami wiedzy, a proces uczenia się ogranicza się do konsumpcji informacji dostarczanych przez nauczyciela.

Krytyka zdekontekstualizowanego, oddzielnego od doświadczenia ucznia, wymagającego biernej recepcji sposobu przekazywania wiedzy, doprowadziła do ustanowienia nowych podejść w psychologii edukacyjnej akcentują-

cych aktywny aspekt uczenia się – uczenie poprzez działanie (*learning-by-doing*, np. Barron, Darling-Hammond, 2008; Jonassen, Cernusca, Ionas, 2007). Do podejść tych można zaliczyć konstruktywizm (*constructivism*, Jonassen, 1991, nazywany też konstrukcjonizmem, Papert, 1991), teorię usytuowanego poznania (*situated cognition*, Choi, Hannafin, 1995) oraz model generatywnego uczenia się (*generative learning model*, Wittrock, 1974). Aby zaznajomić czytelnika z koncepcją uczenia opartego o doświadczenie omówimy pokrótce propozycje wymienionych wyżej teorii.

## KONSTRUKTYWIZM

Od czasu jej powstania w latach 90-tych ubiegłego wieku, konstruktywistyczna epistemologia istotnie wpłynęła na dziedzinę psychologii uczenia się (Jonassen i in, 2007). Nie oznacza to jednak, że jest stosowana na co dzień w klasie szkolnej, w której nadal najważniejsza jest koncepcja wiedzy zobiektywizowanej – wolnego od kontekstu zbioru reguł i faktów (Kort-hagen, Loughran, Russell, 2006). Perspektywa konstruktywistyczna przyjmuje, że umysł wytwarza własną „ekologię pojęciową” służącą do interakcji ze środowiskiem oraz nadawania sensu światu. Budowanie znaczenia wyłania się zatem w działaniu, w kontakcie ze światem oraz poprzez refleksję na temat tego działania współdzieloną z innymi ludźmi (Jonassen, Hernandez-Serrano, & Choi, 2000). Uczeń jest świadomym, aktywnym i refleksyjnym podmiotem odpowiedzialnym za budowanie osobistych modeli mentalnych.

Konstruktywizm jako filozofia nauczania opartego na osobistych odkryciach uczącego, proponuje, że najlepszym nauczycielem ucznia jest on sam (Jonassen, 1991). Konstruktywiści zalecają tworzenie takich środowisk edukacyjnych, które promowałyby osobiste zaangażowanie uczniów i upracticznienie wiedzy

poprzez pracę nad konkretnymi projektami i problemami mającymi miejsce w prawdziwym życiu. Rozwiązując autentyczne, złożone problemy uczniowie nabywają wiedzę poprzez własną aktywność, obserwując i testując skutki podejmowanych działań, dzieląc się swoimi spostrzeżeniami z nauczycielem i grupą (Jonassen, Howland, Moore, Marra, 2004; Papert, 1991). Rolą nauczyciela jest raczej superwizja procesu uczenia się niż przekazywanie wiedzy, inspirowanie uczniów i dawanie im prawa do własnej inicjatywy.

Uczenie konstruktywistyczne pozwala uczniowi na bezpośredni kontakt z wiedzą za pomocą różnych pomocy edukacyjnych, takich jak wizualizacje, schematy, symulacje, czy programy komputerowe. Instrukcje nauczyciela konstruktywistycznego mają dostarczyć uczniom metafor wykorzystujących znajome im pojęcia, zachęcić do testowania wiedzy w praktyce, odnosić się do przekonań uczniów na temat otaczającego ich świata. Wykorzystują naturalną ciekawość uczniów i zachęcają do nauki poprzez dyskusję z rówieśnikami, samodzielne stawianie pytań i znajdowanie odpowiedzi.

### TEORIA GENERATYWNEGO UCZENIA SIĘ

Teoria generatywnego uczenia się akcentuje rolę aktywności ucznia w reorganizowaniu i integrowaniu nowych informacji. Uczeń sam nadaje nowym informacjom sens poprzez budowanie skojarzeń pomiędzy różnymi elementami przyswajanego materiału i istniejącym w umyśle modelem reprezentacji (Fiorella, Mayer 2015; Wittrock 1974). Uczenie generatywne to proces przekształcania napływających informacji (np. słów i obrazów) w użyteczną wiedzę (np. modele umysłowe, schematy). Edukacja szkolna może promować ten sposób uczenia się poprzez wskazywanie różnych

technik samodzielnego opracowania uczonego materiału.

Przykłady takich technik, których skuteczność została sprawdzona za pomocą badań, można znaleźć w opracowaniu Fiorella i Mayer (2016). Są to: budowanie własnych podsumowań przyswajanej wiedzy (zarówno za pośrednictwem słów, jak i obrazów, por. Leopold, Sumfleth, Leutner, 2013), budowanie map koncepcyjnych, rysowanie, wyobrażanie sobie, uczenie innych, a także samodzielne tłumaczenie sobie materiału, jego testowanie i oraz wypróbowywanie wiedzy w realnym życiu. Zdaniem badaczy, strategie te pozwalają na zbudowanie trafnych i trwałych modeli umysłowych.

### TEORIA USYTUOWANEGO POZNANIA

Teoria usytuowanego poznania podkreśla, że uczenie się nie można oddzielić od społecznego, kulturowego i fizycznego kontekstu, w którym się odbywa (Bransford i in., 1992, Greeno, Moore, Smith, 1993). Proces uczenia się jest rozumiany w kategoriach zwiększania efektywności czy wydajności działania ucznia, a nie w kategoriach akumulacji wiedzy. W środowisku edukacyjnym nakierowanym na wsparcie usytuowanego poznania uczniowie otrzymują wsparcie w procesie osobistego konstruowania znaczeń dotyczących świata, którego doświadczają. Nauczyciel jest postrzegany bardziej jako mistrz rzemiosła, niż źródło informacji. Jego rolą nie jest tłumaczenie materiału, lecz ciągła i interaktywna facylitacja samodzielnego przyswajania wiedzy przez ucznia. Może ona przyjmować różne formy takie jak: dyskusja, modelowanie, coaching, udostępnianie narzędzi poznawczych czy doradztwo (Choi, Hannafin, 1995). Sprawowanie kontroli nad własnym procesem uczenia się daje uczniowi

umiejętność samoregulacji i autokorekty procesu zdobywania wiedzy, a także pomaga zbudować wewnętrzną motywację do nauki i wyższą samoocenę.

Ważnym zaleceniem tej szkoły jest uwzględnianie w trakcie nauczania szkolnego kontekstu, w którym uczeń ma daną wiedzę wykorzystywać. Uczniowie powinni być zachęceni do podejmowania działań podobnych do tych, przed którymi staną jako dorośli praktycy i eksperci, tj. do rozwiązywania rzeczywistych problemów (Barron, Darling-Hammond, 2008; Wilson, 1993). Proponowane są również zmiany w podejściu do oceny uczniów - zaleca się skoncentrowanie się na możliwości diagnozowania i pomocy w zarządzaniu własnym rozwojem poznawczym, a nie na ocenie obiektywnych osiągnięć uczniów (Choi, Hannafin, 1995).

## PODSUMOWANIE

Jak wynika z przytoczonych tu teorii skuteczne nauczanie trafnych modeli umysłowych powinno opierać się na doświadczeniu zdobytym w klasie lub poza nią. Powinno odbywać się w otoczeniu, w którym uczeń aktywnie testuje i sprawdza elementy teorii w działaniu, mogąc wpływać na zdarzenia poprzez własną świadomie zaplanowaną manipulację. W takich warunkach uczenie jest efektem własnych działań w środowisku, popełnionych błędów i trafnych decyzji.

Koncepcja nauczania opartego o doświadczenie, z uwzględnieniem naturalnego sposobu reprezentacji wiedzy, może pomóc w pełnym wykorzystaniu potencjału edukacyjnego tkwiącego w trafnym modelu umysłowym. Model umysłowy składa się z wielu równoległych form reprezentacji wiedzy, które można diagnozować i modelować w warunkach klasy szkolnej. Oddziaływanie edukacyjne na każdym z tych poziomów może mieć miało sku-

tek w głębszym przetworzeniu wiedzy przez ucznia i lepszej umiejętności jej wykorzystania w praktyce.

## LITERATURA

- Baenninger, M., Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex roles*, 20(5-6), 327-344.
- Barron, B., Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning. W: D. Pearson, A. H. Schoenfeld, E. K. Stage, T. D. Zimmerman, G. N. Cervetti, J. Tilson (red.) *Powerful Learning: What We Know About Teaching for Understanding* (str. 11-70), John Wiley & Sons Inc.
- Bransford, J.D., Sherwood, R.D., Hasselbring, T.S., Kinzer, C.K., Williams, S.M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. W: D. Nix & R. Spiro (red.), *Cognition, education and multimedia: Exploring ideas in high technology* (str. 115-141). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Carraher, T.N., Carraher, D.W., Schliemann, A.D. (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Development Psychology*, 3(1), 21-29.
- Cherney, I. D. (2008). Mom, let me play more computer games: They improve my mental rotation skills. *Sex Roles*, 59(11-12), 776-786.
- Cherney, I. D., Jagarlamudi, K., Lawrence, E., Shimabuku, N. (2003). Experiential factors in sex differences on mental rotation. *Perceptual and Motor Skills*, 96(3c), 1062-1070.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5(2), 121-152.
- Choi, J. I., Hannafin, M. (1995). Situated cognition and learning environments: Roles, structures, and implications for design. *Educational Technology Research and Development*, 43(2), 53-69.
- Clement J., (1983). A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students. W: D. Gentner, A. L. Stevens (red.) *Mental Models* (str. 325-340). Erlbaum, Hillsdale, Nowy Jork.

- Collins A., Gentner, D. (1987). How people construct mental models. W: D. Holland, N. Quinn (red.) *Cultural Models in Language and Thought* (str. 243-265). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Conant R.C., Ashby W.R. (1970). Every good regulator of a system must be model of that system. *International Journal of Systems Science* 1(2), 89-97.
- De Kleer, J., Brown, J.S. (1981). Mental models of physical mechanisms and their acquisition. W: J.R. Anderson (red.), *Cognitive Skills and their Acquisition* (str. 147-191). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- De Lisi, Richard, Wolford, Jennifer L. (2002). Improving Children's Mental Rotation Accuracy With Computer Game Playing. *Journal of Genetic Psychology*, 163(3) 272-282.
- Devlin, A., S. (2001). *Mind and maze: spatial cognition and environmental behavior*. Westport, USA, Praeger Publishers.
- diSessa A. (1982). Unlearning Aristotelian physics: A study of knowledge-based learning. *Cognitive Science* 6(1), 37-75.
- Dweck. C.S. (1986). Motivational Processes Affecting Learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040-1048.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Ericksson K. A., Simon H. A. (1984). *Protocol Analysis*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Fiorella, L., Mayer, R. E. (2015). *Learning as a Generative Activity*. Cambridge University Press.
- Fiorella, L., Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717-741.
- Forbus K. D. (1984). Qualitative process theory. *Journal of Artificial Intelligence* 24(1), 85-168.
- Forbus, K., Gentner, D. (1997). Qualitative mental models: Simulations or memories? Proceedings of the Eleventh International Workshop on Qualitative Reasoning, Cortona, Italy.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. W: S. Vosniadou, A. Ortony (red.), *Similarity and analogical reasoning* (str. 199-241). London: Cambridge University Press.
- Gentner, D. (2002). Mental models, Psychology of. W: N. J. Smelser, P. B. Bates (red.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (str. 9683-9687). Amsterdam: Elsevier Science.
- Gentner D., Gentner D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. W: D. Gentner, A. L. Stevens (red.) *Mental Models* (str. 99-129). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Gentner, D., Stevens, A. (1983). *Mental Models*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Glaser, R. (1984). Education and thinking: The role of knowledge. *American Psychologist*, 39(2), 93-104.
- Greeno, J. G., Moore, J. L., & Smith, D. R. (1993). Transfer of situated learning. W: D. K. Detterman, R. J. Sternberg (red.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (str. 99-167). Westport, CT: Ablex Publishing.
- Gutbezahl, J. (1995). *How negative expectancies and attitudes undermine females' math confidence and performance: A review of the literature*. Amherst, MA: University of Massachusetts.
- Hegarty, M., Just, M.A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language* 32(7) 17-42.
- Ifenthaler, D., Pirnay-Dummer, P., Seel, N. M. (2007). The Role of Cognitive Learning Strategies and Intellectual Abilities in Mental Model Building Processes. *Technology, Instruction, Cognition & Learning*, 5(4).
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P.N., Girotto, V., Legrenzi, P. (1998). *Mental Models: A Gentle Guide for Outsiders*. Po-brane z: <http://icos.groups.si.umich.edu/gentleintro.html> (9.01.2013).
- Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm?. *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5-14.
- Jonassen, D., Cernusca, D., Ionas, G. (2007). Constructivism and instructional design: The emergence of the learning sciences and design research. *Trends and Issues in Instructional Design and Technology*, 2, 45-52.
- Jonassen, D.H., Henning, P. (1999). Mental models: Knowledge in the head and knowledge in the world. *Educational Technology*, 39(3), 37-42.
- Jonassen, D. H., Hernandez-Serrano, J., Choi, I. (2000). Integrating constructivism and learning technologies. W: J. M. Spector, T. M. Anderson (red.), *Integrated and holistic perspectives on*



- learning, instruction and technology: Understanding complexity* (str. 103-128). Dordrecht: Kluwer.
- Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., Marra, R. M. (2004). *Learning to solve problems with technology: A constructive perspective*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Jonassen, D. H., Strobel, J., Gottdenker, J. (2005). Modelling for meaningful learning. W: Learning Sciences and Technologies Group (red.), *Engaged learning with emerging technologies*. (str. 7–28). Dordrecht, The Netherlands: Springer Verlag.
- Jonassen, D.H., Wilson, B.G., Wang, S., Grabinger, R.S. (1993). Constructivist uses of expert systems to support learning. *Journal of Computer-Based Instruction*, 20(3), 86-94.
- Kahneman, D., Tversky, A. (1982). The simulation heuristic. W: D. Kahneman, P. Slovic, A. Tversky (red.), *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases* (str. 201-208). New York: Cambridge University Press.
- Kempton, W. (1986). Two theories of home heat control. *Cognitive Science* 10(1), 75-90.
- Korthagen, F., Loughran, J., Russell, T. (2006). Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. *Teaching and Teacher Education*, 22(8), 1020-1041.
- Lave, J. (1979). Cognitive consequences of traditional apprenticeship training in West Africa. *Anthropology and Education Quarterly*, 8(3), 177-180.
- Leopold, C., Sumfleth, E., Leutner, D. (2013). Learning with summaries: Effects of representation mode and type of learning activity on comprehension and transfer. *Learning and Instruction*, 27, 40-49.
- Markman, A. B., Gentner, D. (2001). Thinking. *Annual Review of Psychology* 52, 223-247.
- Matczak, A., Jaworowska A., Szustrowa, T., Ciechanowicz, A. (1995). *Bateria Testów APIS-Z. Podręcznik*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych PTP.
- Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59(1), 43-64.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American* 248(4), 122-130.
- Medin, D. L., Ross, B. H. (1989). The specific character of abstract thought: Categorization, problem solving, and induction. W: R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 5, (str. 189-223). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Norman, D. A. (1983). Some Observations on mental models. W: D. Gentner, A. Stevens (red.), *Mental models*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1991). Situating constructionism. W: I. Harel, S. Papert (red.), *Constructionism* (str. 1-22). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Perkins, D.N. (1985). Postprimary education has little impact on informal reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 77(5), 562-571.
- Pollitt, A., Ahmed, A. (2000) *Comprehension Failures in Educational Assessment*. European Conference on Educational Research, Edinburgh, Wielka Brytania.
- Rapp, D. N. (2005). Mental models: Theoretical issues for visualizations in science education. W: J. K. Gilbert (red.), *Visualization in Science Education* (str. 43–60). The Netherlands: Springer.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (3), 257-266.
- Rokeach, M. (1954). The nature and meaning of dogmatism. *Psychological Review*, 61(3), 194-204.
- Rouse, W. B., Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 100(3), 349–363.
- Shepard, R. N., Cooper, L. A. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, Massachusetts, London, England, The MIT Press.
- Shute, V. J., Zapata-Rivera, D. (2008). Using an evidence-based approach to assess mental models. W: D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer, and J. M. Spector (red.) *Understanding models for learning and instruction: Essays in honor of Norbert M. Seel*. (str. 23–41). New York: Springer.
- Turos, J., Ervin, E. (2000). Training and Gender Differences on a Web-based Mental Rotation Task. *Penn State Behrend Psychology Journal*, 4(1), 3-12.
- Vandenberg, S. G., Kuse, A. R. (1978). Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604.
- van der Veer, G.C. (1989). Individual differences and the user interface. *Ergonomics*, 32 (11), 1431-1449.
- Vo, H. V., Poole, M. S., Courtney, J. F. (2005). An empirical comparison of causal mapping approaches.



- W: D. J. Armstrong (red.), *Causal mapping for information systems and technology research: approaches, advances and illustrations* (str. 142-173), Battle Creek, MI: Idea Group Publishing.
- Voyer, D., Nolan, C., Voyer, S. (2000). The relation between experience and spatial performance in men and women. *Sex Roles*, 43(11-12), 891-915.
- Webster, D. M., Kruglanski, A. W. (1994). Individual differences in need for cognitive closure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(6), 1049.
- Wilson, A.L. (1993). The promise of situated cognition. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 57, 71-79.
- Witkin H. A., Dyk R. B., Faterson H. F., Goodenough D. R. Karp S. A. (1962). *Psychological differentiation: studies of development*. New York: Wiley.
- Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Harcourt, Brace, Co, New York.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process 1. *Educational Psychologist*, 11(2), 87-95.

## Karolina Ziembowicz

University of Warsaw,  
Robert B. Zajonc Institute for Social Studies

### MENTAL MODELS – THEIR DIAGNOSIS AND ROLE IN KNOWLEDGE ACQUISITION

#### ABSTRACT

Mental models play important part in the process of knowledge acquisition. Knowledge acquisition through creation of a mental model is immanently active, attained through interaction with the environment. While basing on personal experience acquired in the learning process, a student becomes the central reference point to internalized information. The natural manner of acquiring knowledge through mental models differs significantly from typical teaching praxes in educational curriculum. Knowledge at school is acquired in a passive manner – the student is not an active player, but merely a recipient of highly abstract content. The article presents the review of existing literature on various types of knowledge representation with special emphasis on diagnostic methods used to understand mental models and the concept of experience-based learning. Insight concerning how mental models develop and operate may significantly improve school teaching methods, especially in abstract disciplines such as mathematics.

**Key words:** mental models, diagnosis; school education; knowledge acquisition