

ANDRZEJ FALKOWSKI, Lublin

BŁAŻEJ FERET, Łódź

STRUKTURA PODOBIENSTWA W KATEGORYZACJI PERCEPCYJNEJ:
SYMULACJA PROCESU TWORZENIA SIĘ
POZNAWCZEJ REPREZENTACJI KATEGORII

We współczesnych teoriach percepcji i kategoryzacji szczególnie istotną rolę odgrywa pojęcie podobieństwa. Pozwala ono na precyzyjną analizę badań empirycznych wykorzystującą zaawansowane techniki skalowania wielowymiarowego i w związku z tym stawianie i rozstrzyganie szczegółowych problemów teoretyczno-eksperymentalnych. Wśród wielu zagadnień opracowanych w teorii skalowania wielowymiarowego stwierdzono, przede wszystkim zależność wielkości podobieństwa od zastosowanej procedury identyfikacyjnej lub kategoryzacyjnej (Nosofsky 1986; 1987), określono dokładny związek między poznawczymi i motywacyjnymi elementami w procesach kategoryzacji (Falkowski 1990), przeprowadzono analizę porównawczą uczenia się kategoryzacji opartych na cechach i relacjach (Chlewiński, Falkowski 1992), czy ujawniono w badaniach symulacyjnych możliwe przyczyny trudności w empirycznym rozstrzygnięciu tzw. egzemplarzowego i prototypowego modelu kategoryzacji (Falkowski, Feret 1990).

Szczególnie interesujący wydaje się ścisły związek pomiędzy podobieństwem a kategoryzacją. Rozważania teoretyczne, podkreślające zależność wielkości podobieństwa bodźców od sposobu ich kategoryzacji, przedstawione m.in. przez Murphy i Medina (1985) znalazły empiryczne potwierdzenie w badaniach wyżej wymienionych autorów, gdzie pokazano m.in., że stopień wielkości podobieństwa na przykład tych samych dwu bodźców zmienia się zależnie od tego, czy są one klasyfikowane do jednej czy dwu różnych kategorii. W świetle tego zagadnienia można przypuszczać, iż w procesie uczenia się kategoryzacji tworzy się poznawcza reprezentacja odpowiadająca tak otaczającej rzeczywistości, do której człowiek się dostosowuje, jak i ściśle zaprojektowanej eksperymentalnej sytuacji laboratoryjnej. W związku z tym powstaje ciekawy problem odnośnie do mechanizmu tworzenia się wewnętrznej

i nieobserwowalnej struktury poznawczej podczas wykonywania przez człowieka zadania kategoryzacji.

Celem obecnej pracy jest przedstawienie modelu procesu powstawania poznawczej reprezentacji kategorii. Zadanie to będzie możliwe do wykonania na podstawie komputerowej symulacji kategoryzowania, dostosowanej do empirycznych wyników badań. W związku z tym konieczne jest wprowadzenie pewnych założeń dotyczących samego procesu kategoryzacji. Przede wszystkim zostanie przyjęty tzw. model egzemplarzowy, według którego w procesie uczenia się klasyfikowania człowiek nie dokonuje abstrakcji tzw. prototypu najlepiej reprezentującego daną klasę, tylko zapamiętuje jej poszczególne egzemplarze. Empiryczną argumentację za trafnością tego modelu przedstawiają Medin i Schaffer (1977) oraz Nosofsky (1986; 1987). Z kolei poznawcza reprezentacja kategorii zostanie wyrażona w postaci dokładnie określonych takich relacji podobieństw między kategoryzowanymi bodźcami, które pozwalają na efektywną klasyfikację. Niezbędne w procedurze symulacyjnej wprowadzenie odpowiednich podobieństw do modelu egzemplarzowego będzie łączyło się z koniecznością zastosowania niektórych założeń teorii skalowania wielowymiarowego.

Współczesne badania psychologiczne nad symulacją procesów poznawczych obejmują głównie problematykę spostrzegania (*computer vision*), gdzie konstruuje się modele tzw. wzrokowych programów (*visual routines*) zabezpieczających stałość percepcji (por. Ullman 1985). W dziedzinie kategoryzacji natomiast symulacyjnym modelem uczenia się klasyfikowania jest propozycja Fried i Holyoak (1984) tzw. modelu statystycznego (*category density model*) znacznie rozszerzająca Selfridge'a i Neissera (1960) teorię i symulacyjną procedurę rozpoznawania struktur percepcyjnych (*pattern recognition*).

Obecnie zostanie przedstawiona analiza relacji między podobieństwem a kategoryzacją ujęta w tzw. poznawczo-motywacyjnej koncepcji podobieństwa i ekologicznym podejściu do spostrzegania, następnie współczesne modele kategoryzacji oparte na teorii skalowania wielowymiarowego oraz model procesu tworzenia się poznawczej struktury kategorii w przeprowadzonych badaniach symulacyjnych.

1. PODOBIENSTWO A KATEGORYZACJA

1.1. Struktura poznawcza w badaniach nad kategoryzacją

Współczesne badania nad klasyfikacją pozwalają na precyzyjne sformułowanie wewnętrznej poznawczej reprezentacji kategorii, zgodnie z którą nie można określić, jak to przyjmuje się w klasycznym podejściu, wspólnych, jednakowo

ważnych cech charakteryzujących wszystkie egzemplarze do danej klasy. Jedną z pierwszych analiz struktury poznawczej kategorii przeprowadzona przez Rosch i Mervis (1975) sprowadzała się do operacjonalizacji pojęcia Wittgensteina „rodzinne podobieństwo” (*family resemblance*), w której określono stopnie ważności cech, jakie dany przedmiot posiada ze względu na określoną kategorię. Ta stopniowalność ważności cech, charakteryzujących dany przedmiot, odpowiada terminologii Smitha, Shobena i Ripsa (1974), gdzie jedne właściwości są bardziej definicyjne, czyli istotne w jego kategoryzacji do danej klasy, natomiast inne są właściwościami charakterystycznymi, przyjmującymi określoną wielkość na wymiarze ważność-charakterystyczność. Można zatem powiedzieć, że istotnym elementem w tym podejściu do kategoryzacji jest analiza podobieństwa bodźców tworzących określoną klasę. Umożliwia ona pokazanie wewnętrznej organizacji klasyfikowanych przedmiotów, wykrywanie regularności ich rozkładu a następnie dostosowywanie statystycznego modelu opisu poznawczej reprezentacji kategorii. Ten kierunek analiz podejmują m.in. Fried i Holyoak (1984) oraz Flannagan, Fried i Holyoak (1986).

Zastosowanie relacji podobieństwa w badaniach nad poznawczą reprezentacją kategorii pozwala przede wszystkim na wykorzystanie metodologii skalowania wielowymiarowego do precyzyjnej analizy psychologicznej odległości między kategoryzowanymi obiektami. Struktura poznawcza zatem może zostać operacyjnie zdefiniowana w postaci relacji podobieństw między bodźcami i tym samym wyrażona w wielowymiarowej przestrzeni klasyfikowanych przedmiotów.

1.2. Poznawczo-motywacyjna koncepcja podobieństwa

Poznawcze teorie procesu kategoryzowania, np. Ripsa, Shobena i Smitha (1976) czy Rosch, Simpsona i Millera (1976) *implicite* zakładają, że ocena stopnia podobieństwa jest z jednej strony zdeterminowana fizyczną strukturą porównywanych bodźców, natomiast z drugiej strony ograniczeniami sensorycznymi osoby oceniającej. Wobec tego przyjmowanym założeniem w tych teoriach kategoryzacji jest założenie o podobieństwie jako warunku klasyfikacji przedmiotów do jednej kategorii. Mianowicie przedmioty należą do jednej kategorii dlatego, ponieważ są podobne do siebie. Klasyfikacja przedmiotów dokonuje się więc na zasadzie podobieństwa.

Obok przedstawionej analizy wielu pierwszych eksperymentów nad klasyfikacją, wskazującą na nietrwałość tego założenia należy podkreślić, że pierwsze, *explicite* zakwestionowanie tej zasady przedstawił Tversky (1977). Autor pokazał m.in. na przykładzie spostrzegania bodźców percepcyjnych, że podobieństwo między obiektami jest modyfikowane na skutek ich wcześniej przyjętego sposobu klasyfikacji. Zmiany w sposobie kategoryzacji danego zbioru

przedmiotów wpływają więc na zmiany w spostrzeganym podobieństwie między tymi przedmiotami. Choć z badań tych w sposób oczywisty wynika, że relacja podobieństwa jest funkcją struktury kategorii, to jednak nie można odpowiedzieć na pytanie, dlaczego to podobieństwo jest w określony sposób uzależnione od danego sposobu klasyfikacji. Materiał empiryczny autora należałoby więc raczej potraktować jako interesujący fenomen, analogiczny do wielu przykładów złudzeń percepcyjnych, prezentowanych w każdym podręczniku psychologii.

Następnie Murphy i Medin (1985) oraz Brooks (1987) podjęli się teoretycznej analizy, kwestionującej zasadę podobieństwa jako koniecznego warunku procesów kategoryzacji. Podkreślili natomiast ważność „teorii”, jakie ludzie posiadają na temat świata, dla spójności pojęć. Ogólnie mówiąc, podstawową kwestię autorów można sprowadzić do próby odpowiedzi na następujące pytanie: dlaczego ludzie klasyfikują przedmioty i zdarzenia jako należące do danej kategorii? Odpowiedź może być zgodna z wyżej przedstawioną zasadą podobieństwa, według której przedmioty należą do danej klasy dlatego, że są podobne do siebie. Autorzy jednak wskazują, że z kolei odpowiadając na pytanie, dlaczego przedmioty wydają się podobne, przy jednoczesnej akceptacji powyższej zasady podobieństwa, można popaść w błędne koło tłumacząc, że przedmioty wydają się podobne, ponieważ należą do tej samej kategorii. Podobieństwo mogłoby więc być spowodowane wiedzą ludzi, że porównywane przedmioty są w tej samej klasie, czyli „teorią” na temat określonego fragmentu rzeczywistości. Przedstawiony przez autorów problem podejmuje sprawę kierunku przyczynowego związku między podobieństwem przedmiotów a wiedzą człowieka na temat klasyfikacji. Czy przedmioty są klasyfikowane do jednej kategorii dlatego, że są podobne, czy podobieństwo między nimi jest pochodną wiedzy człowieka o przynależeniu tych przedmiotów do tej samej klasy? Teoretyczne rozprawy Murphy'ego i Medina oraz Brooksa zasadniczo skłaniają się ku tezie, że pojęciowa organizacja przedmiotów i zdarzeń jest uzależniona od akceptowanej „teorii”, i w związku z tym podobieństwo między egzemplarzami danej klasy stanowi konsekwencję przyjętego sposobu kategoryzacji. Można więc powiedzieć, że autorzy zwrócili uwagę na pozapercepcyjne źródła podobieństwa, których należy szukać w uprzedniej wiedzy człowieka na temat rzeczywistości.

Jednakże próba wyjaśnienia podobieństwa między przedmiotami jako konsekwencja akceptowanej przez człowieka „teorii” nie jest jeszcze w pełni zadowalająca. Można tu postawić pytanie, dlaczego akceptowany jest określony sposób widzenia przedmiotów i tym samym, dlaczego przyjmowana jest określona „teoria” organizacji pojęciowej? Wydaje się, że odpowiedzi należy szukać w zależności stopnia podobieństwa spostrzeganych przedmiotów od sytuacji środo-

wiskowej człowieka. Mianowicie dana „teoria” jest przyjmowana, ponieważ w określonych warunkach środowiskowych, tak biologicznych, jak i społecznych, pozwala na takie przewidywania przyszłych zdarzeń, które są najlepsze z punktu widzenia uzyskania akceptacji tych przewidywań czy aprobaty dla podejmowanych decyzji.

Można zatem podjąć próbę analizy relacji podobieństwa w świetle tego ekologicznego podejścia do procesów poznawczych, jakie zostało zapoczątkowane przez Gibsona (1979). Warto tu przypomnieć przedstawioną ilustrację rozpoznawania twarzy ludzkich. Jeżeli Europejczyk, znajdujący się nagle w populacji chińskiej, na początku przejawia trudności w różnicowaniu twarzy, to spostrzegane podobieństwo między nimi jest duże. Jednakże dłuższe przebywanie w danym środowisku umożliwi Europejczykowi coraz lepsze różnicowanie twarzy Chińczyków, w związku z czym podobieństwo między nimi będzie się zmniejszać.

Stosując terminologię ekologiczną do tego przykładu należy powiedzieć o coraz to większej umiejętności (*skill*) człowieka w różnicowaniu przedmiotów w celu minimalizacji liczby błędnych identyfikacji. Aby zminimalizować tę liczbę musi on dostrzec takie właściwości przedmiotu, stanowiącego jego *affordances*, które w danej sytuacji ekologicznej mu na to pozwalają (*afford*). Ta minimalizacja błędów jest niezbędna w celu optymalnej adaptacji człowieka do otoczenia. W świetle przedstawionego przykładu można powiedzieć, że dostrzeganie *affordances* twarzy ludzkich ma duże znaczenie społeczne w poprawnym funkcjonowaniu Europejczyka w nowym środowisku, np. akademickim, złożonym tylko z Chińczyków, gdzie musi on nauczyć się różnicować (zmniejszyć podobieństwo) między nauczycielem a kolegą, żeby przetrwać.

Uogólniając można powiedzieć, że w każdym procesie uczenia się człowiek tworzy taki schemat, który umożliwia organizację spostrzeganych przedmiotów w sposób zapewniający mu największą skuteczność w przewidywaniu zdarzeń. Dostrzegane duże i małe podobieństwo między tymi przedmiotami, wyznaczone organizacją schematu, stanowią *affordances* w tym, że pozwalają na optymalne przystosowanie się organizmu do otoczenia i w ten sposób są ściśle związane z tą podstawową funkcją motywacyjną.

Przedstawiona zależność stopnia spostrzeganych przedmiotów od sytuacji ekologicznej organizmu w innej perspektywie ujmuje samo pojęcie podobieństwa. Źródłem różnego stopnia podobieństwa między spostrzeganymi przedmiotami nie należy szukać wyłącznie ani we wzajemnych relacjach fizycznych, określanych różnym stopniem natężenia obiektywnie mierzonych właściwości, ani w ograniczeniach sensorycznych spostrzegającego człowieka. Źródła te znajdują się poza danym zbiorem bodźców, a także poza dyspozycją psychofizyczną organizmu. Podobieństwo należy więc rozumieć szerzej jako taką rela-

cję między dwoma lub więcej przedmiotami, która łączy przystosowawcze, a więc motywacyjne funkcje człowieka określone sytuacją ekologiczną, w której się znajduje.

Można je także rozumieć jako behawioralny wskaźnik podstawowej funkcji motywacyjnej człowieka, jaką jest potrzeba najlepszej adaptacji do środowiska, wyznaczony wewnętrznym schematem odpowiadającym danemu fragmentowi rzeczywistości. Percepcja określonego stopnia podobieństwa wprost jest uzależniona od tego, na co to spostrzegane podobieństwo pozwala w danym środowisku, związana jest więc także z jego zachowaniem się celowym w przewidywaniu przyszłych zdarzeń. W tak pragmatyczny sposób rozumiane podobieństwo będzie dalej nazywane podobieństwem poznawczym.

Należy tu dodać, że empiryczne uzasadnienie koncepcji podobieństwa poznawczego przeprowadził Falkowski (1990) na podstawie badań nad kategoryzacją złożonych bodźców percepcyjnych, a ponadto Chlewiński i Falkowski (1992) zinterpretowali wyniki swoich badań nad specyfiką uczenia się atrybutywnych i relacyjnych kategorii także w tym poznawczo-motywacyjnym podejściu. Przedstawiony dalej model tworzenia się poznawczej struktury kategorii, w którym wielkości podobieństw zostaną wyprowadzone z empirycznych danych procesu kategoryzacji, będzie zinterpretowany w poznawczej koncepcji podobieństwa. Obecnie zostaną scharakteryzowane współczesne modele kategoryzacji ze szczególnym podkreśleniem modelu egzemplarzowego, zastosowanego do przeprowadzenia analiz.

2. WSPÓŁCZESNE MODELE KATEGORYZACJI

2.1. Model egzemplarzowy

W 1978 r. Medin i Schaffer przedstawili propozycję egzemplarzowego modelu kategoryzacji, w której podstawowa idea sprowadza się do tego, iż w procesie uczenia się klasyfikowania człowiek w schemacie poznawczym nie dokonuje abstrakcji prototypu danej klasy, tylko zapamiętuje jej poszczególne egzemplarze. Proces kategoryzacji polega więc na porównaniu danego egzemplarza nie z jednym prototypem, ale ze wszystkimi zapamiętanymi egzemplarzami należącymi do różnych klas. Jeżeli człowiek uczy się klasyfikacji bodźców do dwu kategorii C_1 i C_2 , wówczas prawdopodobieństwo, że bodziec z zostanie zaklasyfikowany do kategorii C_1 wyraża się następującym równaniem:

Każdą wielkość $S(z,x)$ wylicza się według następującej reguły moltiplicatywnej, istotnej w propozycji Medina i Schaffer:

gdzie s_j , ($0 \leq s_j \leq 1$), jest wielkością podobieństwa bodźca z do bodźca x na wymiarze j . Wielkości te wyznacza się w taki sposób, aby zgodność prawdopodobieństw empirycznych i określonych modelem egzemplarzowym była jak największa.

Reguła moltiplicatywna, wyróżniająca koncepcję autorów od innych teorii klasyfikacji zakłada, że egzemplarz będzie zaklasyfikowany z większym prawdopodobieństwem np. do tej dwu-elementowej klasy, gdzie jest on bardzo podobny do jednego egzemplarza i bardzo mało podobny do drugiego, niż do tej dwu-elementowej klasy, gdzie jest on średnio podobny do każdego z dwu egzemplarzy. Szczegółowe dane empiryczne przemawiające za słuszością tej reguły przedstawiają Medina i Schaffer na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych nad spostrzeganiem bodźców percepcyjnych.

Obecne analizy będą zmierzały do takiego uogólnienia ich koncepcji, aby można było zastosować teorię skalowania wielowymiarowego. W związku z tym należy wyjść od tzw. modelu rozpoznawania, nazywanego modelem wyboru Luce'a, stosowanym w eksperymentach identyfikacyjnych.

2.1.1. Model wyboru Luce'a

Punktem wyjścia teoretycznego modelu wyboru opracowanego przez Luce'a (1963) jest macierz błędnych identyfikacji (*confusion matrix*) otrzymywana techniką rozpoznawania bodźców, w której prawdopodobieństwo, że bodziec S_i spowoduje reakcję R_j wyraża się wzorem:

gdzie ($0 \leq b_j \leq 1$), $\sum_{k=1}^n b_k = 1$. Parametr b_j określa stopień skłonności wyboru reakcji R_j (*response bias*), natomiast u_{ij} stanowi wielkość podobieństwa bodźców S_i i S_j . Równanie to stosuje się do takiej procedury identyfikacji, w której dla każdego bodźca S_i ($i=1, \dots, n$) odpowiada dokładnie jedna reakcja R_j ($j=1, \dots, n$).

Jeżeli jednak zbiór n bodźców zostanie podzielony na $m < n$ grup oraz dla każdego podzbioru m zostanie przyporządkowana jedna reakcja, wówczas tego rodzaju procedura odniesie się do kategoryzacji. Jeżeli następnie zastosuje się tzw. hipotezę odwzorowania (*mapping hypothesis*), testowaną przez Sheparda, Hovlanda i Jenkinsa (1961), wówczas formalne wyrażenie prawdopodobieństwa klasyfikacji bodźca S_i do kategorii C_j można zapisać następująco:

Hipoteza odwzorowania stwierdza intuicyjnie oczywisty, jednakże odrzucony na empirycznym gruncie, związek procedury identyfikacji i kategoryzacji. Mianowicie, aby przewidzieć zachowanie się badanego w eksperymencie kategoryzacji na podstawie wyników badań z eksperymentu identyfikacyjnego należy skumulować otrzymane prawdopodobieństwa warunkowe $p(R_j/S_i)$ tak, aby ich sumy obejmowały zbiór prawdopodobieństw rozpoznania danego bodźca jako te bodźce, które należą do jednej klasy w eksperymencie kategoryzacji.

Po podstawieniu za $p(R_j/S_i)$ równania teorii wyboru Luce'a (równanie (3)), otrzymuje się następujące wyrażenie prawdopodobieństwa klasyfikacji bodźca S do kategorii C :

Zapis ten bezpośrednio wyprowadzony z modelu identyfikacji, trzeba teraz dostosować do procedury kategoryzacji, wobec czego parametr b może tylko wyrażać stopień skłonności wyboru kategorii C_K ($K=1, \dots, m$). Po wprowadzeniu zatem parametru b przed symbol sumy w liczniku powyższego wzoru oraz wyrażeniu mianownika w postaci klasyfikacyjnej otrzymuje się ostateczną wersję równania $p(C_j/S_i)$, wyrażonego już dokładnie w procedurze kategoryzacji:

gdzie m jest liczbą kategorii w zadaniu klasyfikacyjnym.

Równanie (4) należy rozumieć jako uogólniony model wyboru w procedurze kategoryzacji. Przedstawiona matematyczna analiza wskazuje na to, że szczególny przypadek tego modelu, w którym każdy bodziec definiuje dokładnie jedną kategorię, redukuje wzór (4) do równania (3), czyli oryginalnej wersji wyboru Luce'a odnoszącej się do procedury identyfikacji. Warto także zauważyć, że równanie (4), jeśli pominąć parametry b , odpowiada dokładnie równaniu (1), czyli Medina i Schaffer egzemplarzowej teorii klasyfikacji. Powstaje więc pytanie, w jaki sposób uogólniony model wyboru Luce'a można przedstawić w tej teorii kategoryzowania. Zagadnienie to wiąże się przede wszystkim z możliwością wyrażenia parametru podobieństwa u , zdefiniowanego w teorii skalowania wielowymiarowego, w postaci reguły moltiplikatywnej.

2.1.2. Uogólniony model wyboru jako egzemplarzowy model kategoryzacji

Można wykazać, iż w uogólnionym zapisie modelu wyboru (równanie (4)), parametr podobieństwa u może zostać wyrażony w postaci reguły moltiplikatywnej w teorii skalowania wielowymiarowego. Na tę możliwość zwrócili uwagę niezależnie od siebie Takane i Carrol (1982) oraz Nosofsky (1984). Ten ostatni, przedstawiając matematyczne wyprowadzenia, uzasadnił równanie (4) jako uogólniony model egzemplarzowej teorii klasyfikacji, tzw. GCM (*Generalized Context Model*) i tym samym pokazał możliwość skalowania wielowymiarowego w tym podejściu do kategoryzowania.

Najkrócej podstawowe wyprowadzenia można przedstawić następująco. Jeżeli w przestrzeni N -wymiarowej odległość między bodźcem S_i i S_j odpowiada ogólnej postaci r -metryk Minkowskiego:

oraz $u_{ij} = f(d_{ij})$, wówczas moltiplikatywną regułę można otrzymać, jeżeli funkcję f przekształcającą odległości w podobieństwa wyrazi się funkcją potęgową

o ogólnym wyrażeniu: $f(y) = a^y$, gdzie a i y należą do zbioru liczb rzeczywistych. Z uwagi na to, że w zastosowaniu do badań nad podobieństwem stosuje się tę funkcję z wykorzystaniem podstawy logarytmu naturalnego oraz w taki sposób, aby wielkość $u \in (0,1)$, gdzie 0 i 1 odpowiada kolejno najmniejszemu i największemu podobieństwu, można zapisać:

gdzie, zależnie od stosowanej funkcji podobieństwa wykładniczej lub gaussowskiej, $y=1$ lub $y=2$ oraz $\exp(-d_{ij}^y) \leq 1$.

Rozwijając powyższy zapis i przyjmując w celu uzyskania przejrzystości rachunków, że $y=r$ otrzymuje się:

Ostatecznie więc $u_{ij} = \prod_{k=1}^N s_k$, gdzie wielkość $s_k = \exp(-|x_{ik} - x_{jk}|^r)$ i określa ona stopień podobieństwa bodźca S_i do bodźca S_j na wymiarze k . Jeżeli na przykład $r=1$, wówczas reguła mnożykowa odpowiada sytuacji eksperymentalnej, gdzie psychologiczna odległość między bodźcami wyrażona jest metryką miejską (*city block*) a relacja przekształcająca tę odległość w podobieństwo jest funkcją wykładniczą. Powyższe wyrażenie dokładnie odpowiada mnożkowej regule w określaniu podobieństwa zastosowanej przez Medina i Schaffer (porównaj równanie (2)).

Przedstawione wyprowadzenia umożliwiają zastosowanie egzemplarzowego modelu kategoryzacji i badanie relacji podobieństwa zgodnie z tym modelem, do danych otrzymanych techniką skalowania wielowymiarowego. Równanie (4) w połączeniu z równaniami (5) i (6) należy rozumieć jako uogólnienie egzemplarzowego podejścia w badaniach nad kategoryzacją, którego możliwy wariant praktycznego zastosowania bez skalowania wielowymiarowego został wprowadzony przez Medina i Schaffer.

2.2. Model prototypowy

W związku z tym, iż wyżej przedstawione teoretyczno-matematyczne analizy będą stanowiły metodologiczną podstawę do opracowania modelu tworzenia się poznawczej struktury kategorii, warto pomyśleć nad alternatywnym, formalnym wyrażeniem konkurencyjnej teorii do egzemplarzowego podejścia, jaką jest teoria prototypu. Zgodnie z wprowadzoną przez Reeda (1972) definicją, prototyp można określić jako średnią punktów reprezentujących bodźce w przestrzeni wielowymiarowej, należące do danej kategorii:

gdzie: P_J – prototyp kategorii J ; $(1, \dots, n) = N$ – liczba wymiarów; M – liczba bodźców należących do kategorii J ; P_{Jn} – wielkość prototypu P_J na wymiarze n ; x_{in} – wielkość bodźca i na wymiarze n .

Analogicznie do uogólnionej teorii wyboru (por. równanie (4)) można zapisać następujące wyrażenie, odpowiadające prototypowej teorii klasyfikacji:

gdzie: u_{iP_J} – podobieństwo bodźca S_i do prototypu P_J ; m – liczba kategorii.

Należy także odpowiednio dostosować równania (5) i (6), wobec czego odległość i podobieństwo bodźca S_i do prototypu P_J kolejno wynoszą:

oraz

Równania (7), (8), (9) i (10) można wykorzystać do przewidywania procesu kategoryzacji według modelu prototypowego.

3. PROCES TWORZENIA SIĘ POZNAWCZEJ REPREZENTACJI KATEGORII W UCZENIU SIĘ KLASYFIKOWANIA BODŹCÓW PERCEPCYJNYCH

Symulacja wewnętrznego procesu powstawania poznawczej struktury kategorii zostanie przeprowadzona na przykładzie badań empirycznych nad klasyfikowaniem bodźców percepcyjnych. Wykorzystano tu badania przeprowadzone przez Falkowskiego i szczegółowo przedstawione w innych pracach (por. Falkowski 1990; 1990a). Należy jednak podkreślić, iż zastosowana procedura pozwalająca na wysunięcie hipotez odnośnie do funkcjonowania nieobserwowalnego mechanizmu poznawczego ma charakter ogólny i może być zastosowana do każdego wyników eksperymentów kategoryzacyjnych.

3. 1. Eksperymentalna sytuacja kategoryzacji

3.1.1. Techniczna realizacja eksperymentu

Stronę techniczną badań empirycznych opracowano na wzór procedury eksperymentalnej, stosowanej przez Fried i Holyoak (1984). Zdecydowano się na wybór takich bodźców, których liczba egzemplarzy jako należących do danej kategorii byłaby praktycznie nieskończona, oraz które posiadałyby względnie wysoki poziom złożoności percepcyjnej. Wybrano cztery bodźce standardowe *A*, *B*, *C* i *D*, składające się z ciemnych i jasnych komórek rozmieszczonych w kwadracie 10 X 10. Starano się uzyskać takie standardy, aby w każdym z nich było 50 jasnych i 50 ciemnych komórek i ponadto, aby każdy z każdym miał 50 komórek wspólnych. W ten sposób fizyczne odległości między standardami, mierzone liczbą różniących się komórek, były jednakowe. Zastosowane w eksperymencie bodźce standardowe przedstawia rys. 1.

Z każdego standardu generowano egzemplarze zgodnie z rozkładem normalnym o parametrach: średnia $\bar{x}=10$, odpowiadająca liczbie zmienianych komórek (z jasnych na ciemne i odwrotnie), odchylenie standardowe $s=2.5$. Funkcję gęstości generowanych bodźców ograniczono do przedziału ($0 \leq x \leq 20$), ponieważ wielkościom x poniżej 0 nie odpowiada żaden realny egzemplarz i wobec tego górna granica odpowiadająca 20 pozwala na zachowanie symetryczności rozkładu. Można więc zauważyć, że chociaż prawdopodobieństwo pojawienia się każdego standardu jest największe ze wszystkich egzemplarzy generowanych przez dany standard i wynosi $5.35 \cdot 10^{-5}$, to jednak jest tak małe, iż praktycznie żaden bodziec wzorcowy nie pojawił się w fazie uczenia się kategoryzowania.

Rys. 1. Bodźce standardowe A, B, C i D zastosowane w eksperymencie

Egzemplarze były generowane przez mikrokomputer Apple II+, do którego zastosowany program umożliwiał pełną realizację eksperymentu z każdą osobą testowaną. Obserwator znajdował się w komorze bezekowej, gdzie na monitorze połączonym z mikrokomputerem spostrzegał i reagował zgodnie z zadaną instrukcją.

3.1.2. Procedura badawcza

Eksperyment składał się z dwu części. W pierwszej tzw. fazie uczenia się osobom testowanym powiedziano, że będą oglądały serię geometrycznych wzo-

rów zaprojektowanych przez dwóch artystów, Smitha i Wilsona, i zadaniem jest nauczenie się rozróżniania ich twórczości. W instrukcji podkreślono także, iż nie wszystkie wzory danego artysty muszą być do siebie podobne i może mieć on kilka różnych stylów tworzenia, jednakże tylko jemu charakterystycznych i wobec tego różnych od obrazów kolegi.

Osoby testowane podzielono na dwie grupy X i Y . Badanych w grupie X uczono klasyfikowania egzemplarzy generowanych ze standardów A i B do kategorii C_1 (Smith), natomiast egzemplarze ze standardów C i D do kategorii C_2 (Wilson). Po prezentacji konkretnej figury osoba testowana klasyfikowała go do jednej z kategorii, po czym otrzymywała informację zwrotną wskazującą na poprawną lub niewłaściwą kategoryzację (wzmocnienie pozytywne lub negatywne). Z kolei dla badanych w grupie Y egzemplarze ze standardów A i C należały do kategorii C_1 (Smith), a z B i D były właściwe dla kategorii C_2 (Wilson). Należy tu zaznaczyć, że sytuacja czysto fizyczna eksperymentu, tj. bodźce i sposób ich prezentacji, była identyczna dla obu grup. Wszystkie osoby testowane znajdowały się w tych samych eksperymentalnie wytworzonych sztucznych warunkach fizycznych. Zmieniał się tylko rozkład wzmocnień na prezentowanym zbiorze bodźców. Na przykład, obserwatorzy z grupy X otrzymywali dwie informacje zwrotne pozytywne, jeżeli dwa egzemplarze ze standardu A i B klasyfikowali do kategorii C_1 , podczas gdy obserwatorzy z grupy Y dla takiej samej klasyfikacji tych dwu bodźców otrzymywali kolejno wzmocnienie pozytywne i negatywne. Prawdopodobieństwa *a priori* bodźców generowanych z każdego wzorca A , B , C i D według zastosowanego programu ekspozycji były takie same, w związku z czym $p(C_1) = p(C_2)$. Po osiągnięciu ustalonego kryterium, tj. 84% poprawnych reakcji w bloku 30 prób, prezentowano badanym jeszcze dodatkowo 52 ekspozycje bez informacji zwrotnej. Przebadano 6 osób w sytuacji klasyfikacyjnej X i 5 osób w sytuacji klasyfikacyjnej Y .

3.2. Dostosowanie modelu egzemplarzowego do danych uczenia się kategoryzacji

Zgodnie z przedstawionym egzemplarzowym modelem kategoryzacji, jego dostosowanie do danych empirycznych jest możliwe pod warunkiem określenia parametru podobieństwa u między klasyfikowanymi bodźcami. W związku z tym wyrażenie danych kategoryzacji przewidywanych przez model egzemplarzowy wiąże się z zastosowaniem równań (4), (5) i (6). Ponieważ w obecnej analizie do wyprowadzenia podstawowych parametrów modelu wykorzystano wyłącznie empiryczne dane kategoryzacji, natomiast nie stosowano skalowania wielowymiarowego, które pozwoliłoby określić psychologiczne odległości d między bodźcami, w wyprowadzeniach uwzględniono tylko równanie (4). Dla grupy osób badanych X przedstawia się następująco:

gdzie $p(C_1/S_i)$ jest prawdopodobieństwem zaklasyfikowania bodźca S_i do kategorii C_1 oraz $i = A, B, C$ i D .

Analogiczne równanie dla grupy Y odpowiada wyrażeniu:

Następnie zastosowano opracowany program optymalizacyjny, w którym sześć wolnych parametrów podobieństw u między bodźcami A, B, C i D dobrano w taki sposób, aby zgodność przewidywanych przez model teoretycznych prawdopodobieństw $P_e(C_1/S_i)$ i prawdopodobieństw empirycznych była jak największa. Wielkości u mogły przyjmować wartości z przedziału $(0,1)$, gdzie 0 odpowiada najmniejszemu podobieństwu a 1 – największemu. Zastosowanie tego przedziału jest zgodne z ogólnie akceptowanym w teorii skalowania wielowymiarowego założeniem przekształcania odległości w podobieństwa, według którego $u = \exp(-d^y)$ (patrz równanie (6)).

Te prawdopodobieństwa empiryczne wylicza się z ostatnich 82 klasyfikacji obserwatora w pierwszej części eksperymentu (30 prób, w których badany osiągnął 84% poprawnych reakcji plus dodatkowe 52 próby). W postaci uogólnionej rozkład tych danych można zapisać następująco:

S_i	C_1	C_2	$p(C_1/S_i)$
S_A	f_{A1}	f_{A2}	$p(C_1/S_A)$
S_B	f_{B1}	f_{B2}	$p(C_1/S_B)$
S_C	f_{C1}	f_{C1}	$p(C_1/S_C)$
S_D	f_{D1}	f_{D2}	$p(C_1/S_D)$

gdzie f_{ij} ($i=A,B,C$ i D ; $J=1,2$) odpowiada częstości zaklasyfikowania bodźca, generowanego przez standard S_i do kategorii C_j , oraz

Następnie odtworzono oczekiwany rozkład tych danych przewidywany przez model egzemplarzowy wykorzystując do tego wyliczone prawdopodobieństwa

z równań (10) i (11) odpowiednio do sytuacji kategoryzacyjnej X i Y po uprzedniej estymacji najlepiej dobranych parametrów u .

Na przykład częstość oczekiwania $f_{A1} = (f_{A1} + f_{A2}) * P_e(C_1/S_A)$, natomiast $f_{A2} = (f_{A1} + f_{A2}) * [1 - p_e(C_1/S_A)]$, gdzie $p_e(C_1/S_i)$ odpowiada prawdopodobieństwu klasyfikacji według modelu egzemplarzowego.

Proces porównywania modelu z danymi empirycznymi można więc było przeprowadzić testem chi-kwadrat, w związku z czym najlepszą zgodność prawdopodobieństw przewidywanych i empirycznych osiągnięto minimalizując wielkość chi-kwadrat. Parametr b_j w równaniach (11) i (12) policzono oddzielnie do wyników badań każdej osoby w taki sposób, aby określał stopień skłonności wyboru kategorii C_1 lub C_2 . Jeżeli na przykład obserwatora pierwszego z grupy X suma częstości zaklasyfikowania bodźców do kategorii C_1 wyniosła $f_{i1} = 32$, a do kategorii C_2 : $f_{i2} = 50$, wówczas wielkość $b_1 = 0.390244$. Najlepsze miary podobieństw między bodźcami A, B, C i D , otrzymane w wyniku zastosowania procedury optymalnej przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Wielkości podobieństw u między bodźcami A, B, C i D uzyskane w rezultacie zastosowania programu optymalizacyjnego do danych 6 osób w sytuacji klasyfikacyjnej X i 5 osób w sytuacji klasyfikacyjnej Y

		X					Y		
		B	C	D			B	C	D
1	A	0.453	0.226	0.275	1	A	0.007	0.923	0.778
	B		0.503	0.069		B		0.311	0.967
	C			0.983		C			0.212
2	A	0.600	9.928	0.095	2	A	0.249	0.649	0.119
	B		0.699	0.283		B		0.504	0.972
	C			1.000		C			0.035
3	A	0.600	0.219	0.619	3	A	0.112	1.000	0.517
	B		0.039	0.032		B		0.062	0.600
	C			1.000		C			0.126
4	A	0.722	0.001	0.386	4	A	0.325	0.600	0.114
	B		0.287	0.094		B		0.314	1.000
	C			0.512		C			0.033
5	A	0.936	0.000	0.000	5	A	0.062	0.600	0.067
	B		0.319	0.523		B		0.242	1.000
	C			0.936		C			0.074
6	A	1.000	0.392	0.195					
	B		0.000	0.000					
	C			0.400					

Analiza danych w tab. 1 wskazuje, iż podobieństwa między bodźcami są duże dla tych, które w procesie uczenia się należały do tej samej kategorii, natomiast małe dla tych, które składały się na dwie różne klasy. Można już stąd wnosić, że dany sposób kategoryzowania wpływa na spostrzeganą relację podobieństwa między bodźcami.

Wykres prawdopodobieństw otrzymanych, $p_o(C_1/S_i)$ i przewidywanych przez model egzemplarzowy, $p_e(C_1/S_i)$ przedstawia rys. 2.

Rys. 2. Prawdopodobieństwa kategoryzacji otrzymane, $p_o(C_1/S_i)$, (oś OY), i przewidywane przez model egzemplarzowy, $p_e(C_1/S_i)$, (oś OX), dla wszystkich osób testowanych

Szczegółowe wyniki dostosowania danych empirycznych do modelu egzemplarzowego kolejno w sytuacji kategoryzacyjnej X i Y przedstawia tab. 2.

W tabeli tej umieszczono także średnie procenty poprawnych klasyfikacji (a) otrzymane z danych empirycznych oraz (b) przewidywane przez model i policzone według wzoru:

dla sytuacji kategoryzacyjnej X oraz

dla sytuacji Y .

Ponadto wykonano jeszcze następujące obliczenia związane z przewidywaniem zachowania się obserwatora według modelu egzemplarzowego. Mianowicie dla osób testowanych z grupy X zastosowano równanie (12), natomiast dla grupy Y równanie (11). W ten sposób otrzymano przewidywane prawdopodobieństwa poprawnych klasyfikacji osób, które uczyły się kategoryzowania w jednej sytuacji, np. X , a następnie musiałyby klasyfikować zgodnie z sytuacją drugą, np. Y , lub odwrotnie. Policzone z tych prawdopodobieństw dla każdej osoby testowanej średni procent poprawnych klasyfikacji (c) umieszczono także w tab. 2.

Tab. 2. Średni procent otrzymanych poprawnych klasyfikacji (a), wielkości b_1, χ_2 , oraz średni procent poprawnych klasyfikacji przewidywanych przez model egzemplarzowy (b) i (c) w sytuacji kategoryzowanej X i Y

	Obs.	a	b_1	χ_2	b	c
1	2	3	4	5	6	7
X	1	74.46	0.39	0.000	74.46	52.69
	2	78.10	0.49	0.136	77.84	56.54
	3	81.36	0.49	0.030	81.34	43.30
	4	80.82	0.51	0.000	80.82	48.69
	5	83.35	0.52	0.004	83.23	53.64
	6	84.97	0.56	0.862	85.56	47.77

1	2	3	4	5	6	7
Y	1	75.56	0.54	0.000	75.56	46.14
	2	77.31	0.33	0.000	77.31	54.08
	3	81.50	0.59	0.413	81.61	44.82
	4	81.88	0.45	0.074	81.91	52.55
	5	88.77	0.45	0.118	88.78	52.41
\bar{x}		80.73			80.77	50.24

Graficzną prezentację średniego procentu poprawnych klasyfikacji otrzymanych i przewidywanych przez model dla sytuacji kategoryzacyjnej X i Y przedstawia rys. 3.

Ogólnie można powiedzieć, że dla przeprowadzonych badań empirycznych policzone wielkości podobieństw dobrze przewidują sytuację klasyfikacyjną X i Y w egzemplarzowym modelu kategoryzacji, na co wskazuje wysoka zgodność średnich procentów poprawnych klasyfikacji (a) otrzymanych z danych empirycznych ze średnimi oczekiwanymi (b). Natomiast analiza średnich oczekiwanych (c) będzie podjęta w par. 4.

3.3. Dynamika zmian podobieństw w procesie uczenia się kategoryzacji

Można obecnie podjąć się analizy procesu tworzenia się relacji podobieństw między bodźcami A , B , C i D w trakcie uczenia się kategoryzacji. W związku z tym wyżej opisaną procedurę optymalizacyjną zgodnie z modelem egzemplarzowym zastosowano do kolejnych etapów uczenia się kategorii dla każdej osoby testowanej. Dany etap obejmował 50 klasyfikacji obserwatora. Następny etap zawierał 10 nowych klasyfikacji i nie obejmował już pierwszych dziesięciu. Dostosowanie modelu rozpoczęto zatem od pierwszego etapu do ostatniego, w którym znajdowały się 52 ekspozycje bez informacji zwrotnej. Rysunek 4. przedstawia przykładową dla dwu obserwatorów dynamikę zmian podobieństw między bodźcami, które w procesie klasyfikacji należały do tej samej lub dwu różnych kategorii. Przedstawiono podobieństwa między bodźcami AB , CD , AC i BD kolejno dla obserwatora 6 z sytuacji X i obserwatora 5 z sytuacji Y .

Rys. 3. Średnie procenty otrzymanych poprawnych klasyfikacji (a) i przewidywanych przez model egzemplarzowy (b) i (c) dla 6 badanych w sytuacji kategoryzacyjnej X i 5 badanych w sytuacji Y

Rys. 4. Zmiany podobieństw u między bodźcami AB, CD, AC i BD w procesie uczenia się obserwatora 6 w sytuacji kategoryzacyjnej X i obserwatora 5 w sytuacji Y

Z analizy rysunku wynika, że dla obserwatorów w sytuacji X i Y bodźce należące do tej samej klasy stają się coraz bardziej podobne, natomiast podobieństwo bodźców należących do różnych kategorii staje się coraz mniejsze. Na przykład podobieństwo między A i B w sytuacji X zwiększa się, podczas gdy w sytuacji Y podobieństwo między tymi samymi bodźcami się zmniejsza. Ciekawy rezultat zaobserwowano w ostatnich etapach uczenia się kategoryzacji, gdzie w sytuacji X podobieństwo między AB i CD zaczyna się zmniejszać a między AC i BC – zwiększać. Podobnie jest w sytuacji Y między odpowiednimi bodźcami. Wynik ten jest spowodowany brakiem informacji zwrotnej w ostatnich 52 próbach (por. par. 3.1.), wskazując tym samym na dużą wrażliwość obserwatorów na wzmocnienie pozytywne i negatywne. A zatem zmiana w prezentacji informacji zwrotnej natychmiast wpływa na specyfikę ukształtowanych relacji podobieństw. Taki sam charakter danych rozkładu podobieństw otrzymano dla wszystkich osób testowanych odpowiednio dla sytuacji X i Y .

Przedstawiona analiza zmian podobieństw wskazuje na tworzenie się dwu różnych poznawczych reprezentacji tej samej rzeczywistości fizycznej obserwatorów. Zastosowana procedura pozwala ujawnić wewnętrzny, nieobserwowalny mechanizm powstawania struktury poznawczej otaczającego środowiska eksperymentalnego, która w obecnej postaci wyrażona jest relacjami podobieństw. Pokazany proces symulacyjny tworzenia się tej struktury oparty jest przede wszystkim na egzemplarzowym modelu kategoryzacji oraz założeniach teorii skalowania wielowymiarowego dotyczących związku odległości i podobieństwa.

Można także przedstawić klasyczny proces uczenia się kategoryzowania, w którym wraz z kolejnym etapem obserwator osiąga coraz lepsze wyniki. Rysunek 5. przedstawia przykładowe dane średniego procentu otrzymanych poprawnych klasyfikacji (a), średniego procentu przewidywanych klasyfikacji (b) i (c) zgodnie z zastosowaną procedurą optymalizacyjną dla obserwatora 6 w sytuacji X i obserwatora 5 w sytuacji Y . Przedstawione na tym rysunku bezpośrednio obserwowalne wielkości (a) i przewidywane (b) w kolejnych etapach uczenia się odpowiadają nieobserwowalnym, wewnętrznym wielkościom podobieństw na rys. 4. Z kolei analiza przedstawionych wielkości (c) zostanie podjęta w następnym paragrafie.

4. RELACJA PODOBIEŃSTWA A POZIOM WYKONANIA ZADAŃ KATEGORYZACJI: ANALIZA W ŚWIETLE POZNAWCZO-MOTYWACYJNEJ KONCEPCJI PODOBIEŃSTWA

Z koncepcji podobieństwa poznawczego można wyprowadzić następującą hipotezę, kluczową dla kierunku przeprowadzonej interpretacji. Jeżeli obserwator wytwarza w procesie poznawczym takie relacje podobieństw w zbiorze spostrzeganych przedmiotów, aby jego przystosowanie się do danego środowi-

Rys. 5. Zmiany średnich procentów otrzymanych poprawnych klasyfikacji (a) i przewidywanych przez model egzemplarzowy (b) i (c) w procesie uczenia się obserwatora 6 w sytuacji kategoryzacyjnej X i obserwatora 5 w sytuacji Y

ska było jak najlepsze, wówczas zmiana tylko tych relacji podobieństw lub odpowiednia zmiana tylko środowiska może spowodować to, iż obserwator ten znajdzie się w sytuacji niezgodności podobieństw ze środowiskiem, w którym się znajduje. Jego funkcjonowanie jest wówczas gorsze od tego funkcjonowania, w którym występowała zgodność relacji podobieństw z otaczającą rzeczywistością i może być potraktowane jako behawioralny wskaźnik niedostosowania. Istotnym argumentem za przedstawioną koncepcją podobieństwa poznawczego byłaby więc możliwość uzyskania behawioralnego wskaźnika gorszego wykonywania zadania na skutek braku zgodności relacji podobieństw z sytuacją środowiska. Powstaje więc pytanie, czy na podstawie danych z przeprowadzonych badań można tego typu wskaźnik otrzymać?

Wydaje się, iż eksperymentalną analizę badań w tym kierunku znacznie ułatwi umieszczenie ich w perspektywie ogólnej teorii dysonansu, np. klasycznej teorii Festingera (1957). Mianowicie pojęcia niezgodności (dysonansu) czy zgodności (konsonansu) odpowiadają relacji między dwoma elementami, z których pierwszy odnosi się do struktury poznawczej organizmu, a drugi do otoczenia zewnętrznego, reprezentowanego przez tę strukturę. Struktura poznawcza jest więc pewnym doświadczeniem, wiedzą uzyskiwaną m.in. w procesie uczenia się, konieczną do osiągnięcia zgodności z otoczeniem, czyli jego odwzorowania, aby organizm mógł żyć i przetrwać w środowisku. Wobec tego w sytuacji dysonansu wewnętrzna reprezentacja poznawcza otaczającego środowiska nie odpowiada faktycznemu stanowi rzeczywistości. Tego rodzaju niezgodność może pojawić się na przykład podczas przeniesienia pewnych kulturowo wyuczonych wzorów zachowań, adekwatnych w jednej sytuacji środowiskowej, do sytuacji, w której obowiązują inne zasady zachowania się. Organizm znajduje się wtedy w stanie dyskomfortu psychicznego, gdzie jego przekonania odpowiadające jakiejś koncepcji rzeczywistości nie zgadzają się z tym, co zostaje w środowisku. Wykonywanie więc pewnych zadań w sytuacji dysonansu powinno być gorsze od tego ich wykonania, kiedy dysonansu nie ma.

Tę sytuację niezgodności wewnętrznej reprezentacji można bezpośrednio pokazać na przykładzie egzemplarzowej interpretacji przedstawionych wyników badań. Reprezentacja poznawcza może być operacyjnie zdefiniowana jako określone relacje podobieństwa między bodźcami *A*, *B*, *C* i *D*, a środowisko jako eksperymentalna sytuacja kategoryzacji. W związku z tym należy zwrócić uwagę na średni procent poprawnych klasyfikacji (*c*) przedstawiony na rys. 3., kolejno dla kategoryzacji w grupie *X* i *Y*. Dane te wyrażają oczekiwany poziom wykonania zadania wtedy, kiedy obserwatorzy stosują w nowej sytuacji kategoryzowania te podobieństwa między bodźcami, jakie wytworzyli w doskonaleniu się do wyuczonego sposobu klasyfikacji. Badani z grupy *X*, w oczekiwanym procesie kategoryzowania, uruchamiają swoją poznawczą reprezentację bodźców,

uzyskaną w uczeniu się, do nowej sytuacji kategoryzacyjnej *Y*, a badani z grupy *Y* swoją wyuczoną reprezentację do sytuacji kategoryzacyjnej *X*.

Jak widać w tab. 2. oraz na rys. 3., oczekiwany procent poprawnej klasyfikacji (c), tak dla sytuacji *X*, jak i *Y*, jest mniejszy średnio o 30% od tego oczekiwanego procentu (b), kiedy wytworzone podobieństwa odpowiadają danej sytuacji kategoryzacyjnej. To oczekiwane pogorszenie się funkcjonowania obserwatora jest więc właśnie przewidywanym, behawioralnym wskaźnikiem niedostosowania, wynikającym z niezgodności wewnętrznej poznawczej reprezentacji z eksperymentalnie określoną rzeczywistością kategoryzacyjną. Niezgodność ta, czyli właśnie dysonans poznawczy, zmniejsza efektywność funkcjonowania człowieka w środowisku, która w konkretnym przykładzie egzemplarzowej interpretacji przedstawionego eksperymentu odpowiada zmniejszonej liczbie poprawnych klasyfikacji.

Z kolei proces zwiększania się tego dysonansu, czyli pogłębianie się niezgodności struktury poznawczej z otaczającym środowiskiem przedstawia rys. 5. poprzez zwiększanie się różnicy między wielkościami (b) i (c) w trakcie uczenia się kategoryzowania.

W związku z przedstawioną analizą, podkreślającą znaczenie adaptacji w zachowaniu się obserwatora, należy jeszcze przedstawić w sposób bardziej dokładny rozumienie środowiska jako tej zewnętrznej rzeczywistości, do której się on dostosowuje. Wydaje się, iż bardzo interesująca interpretacja środowiska, która odpowiadałaby zastosowanym sytuacjom eksperymentalnym, może zostać przeprowadzona w perspektywie podejścia ekologicznego do procesów poznawczych. Mianowicie, w procesie spostrzegania i kategoryzacji obserwator uczy się dostrzegać te cechy przedmiotów, które mu na coś pozwalają. W przedstawionym eksperymencie są to właściwości spostrzeganych bodźców pozwalające na zwiększenie liczby poprawnych klasyfikacji i w efekcie określające rozkład podobieństw w zbiorze spostrzeganych bodźców. Należy przypuszczać, iż w zastosowanych bodźcach obserwatorzy z grupy *X* dostrzegają takie właściwości standardów, np. *A* i *B*, które są wspólne, natomiast pomijają właściwości różniące te bodźce. W ten sposób standardy te wydają się podobne do siebie. Z kolei obserwatorzy z grupy *Y* zachowują się odwrotnie dostrzegając cechy różniące bodziec *A* od *B*, w związku z czym minimalizują podobieństwo między nimi. Dostrzeganie dużego podobieństwa między *A* i *B* oraz między *C* i *D* w grupie *X*, oraz małego podobieństwa między tymi bodźcami w grupie *Y*, umożliwia osiągnięcie wysokiej liczby poprawnych klasyfikacji.

Można zatem powiedzieć, że te właściwości określają znaczenie bodźców w ekologicznym rozumieniu pojęcia *affordance*, są więc tymi obiektywnie istniejącymi cechami podmiotów, które pozwalają na zrealizowanie potrzeby maksymalnej gratyfikacji w zwiększeniu liczby poprawnych klasyfikacji. Należy tu

podkreślić, że w zastosowanych sytuacjach kategoryzacji te właściwości zostały już określone rozkładem wzmocnień na zbiorze bodźców i w ten sposób istnieją niezależnie od obserwatora, którego zadaniem jest ich dostrzeżenie, aby dostosować się do eksperymentalnej rzeczywistości. Zewnętrzne środowisko nie jest zatem czymś tylko fizycznie zewnętrznym, ale tym, co zawiera w sobie właściwości przedmiotów, które stanowią *affordances* dla określonych potrzeb obserwatora. W przedstawionym eksperymencie w sytuacji kategoryzacyjnej tak *X*, jak i *Y* bodźce i rozkład prawdopodobieństw ich prezentacji były takie same, czyli zewnętrzna sytuacja fizyczna nie ulegała zmianie. Jednakże zmienił się rozkład wzmocnień, w związku z czym zmieniły się właściwości bodźców mające znaczenie (*affordances*) dla obserwatora i wobec czego zmieniło się środowisko.

Zewnętrzna, eksperymentalna rzeczywistość przeprowadzonych badań, zawierająca w sobie dobrze określone znaczenie jej pewnych elementów zdefiniowanych rozkładem wzmocnień, stanowiłaby osiągniętą w sztucznych warunkach laboratoryjnych konkretyzację tego, co Gibson (1979) w ekologicznej teorii percepcji nazywa „znaczącym środowiskiem” (*meaningful environment*). To „znaczące środowisko” można rozumieć jako kontekst procesów poznawczych człowieka.

UWAGI KOŃCOWE

Przedstawiony model procesu kategoryzacji odkrywa wewnętrzny, nieobserwowalny mechanizm tworzenia się struktury poznawczej pozwalającej na dostosowanie się obserwatora do otaczającego środowiska eksperymentalnego. Proces kształtowania się tej struktury wyrażono w egzemplarzowym modelu kategoryzacji i dokładnie określonych relacji podobieństw między spostrzeganymi bodźcami według odpowiednio zastosowanej procedury optymalizacyjnej do wyników badań eksperymentalnych nad kategoryzacją percepcyjną. Należy tu zauważyć, że wyniki badań empirycznych, do których zastosowano procedurę optymalizacyjną, nie pozwalają na analizę zgodnie z konkurencyjnym do egzemplarzowego modelem prototypowym. Nie można bowiem określić prototypów kategorii na podstawie wyników badań. Należy jednakże przypuszczać, że gdyby taka możliwość zaistniała, rezultaty procedury optymalizacyjnej byłyby bardzo podobne. Wskazują na to niemalże identyczne przewidywania tak egzemplarzowego, jak i prototypowego modelu kategoryzacji w dotychczas przeprowadzonych analizach porównawczych (por. m.in. Nosofsky 1987; Falkowski 1990a).

Warto także zwrócić uwagę na ogólnie płynące konsekwencje z przeprowadzonych badań. Przede wszystkim starano się wykazać, iż relacja podobieństwa

reprezentowana w strukturze poznawczej odpowiadającej zewnętrznemu środowisku nierozdzielnie łączy ze sobą elementy motywacyjne. Kształt tej reprezentacji, określony podobieństwem poznawczym, przyjmuje taką postać, która umożliwia zaspokojenie potrzeby adaptacji do otoczenia. Przedstawione badania można więc także potraktować jako jeden z dodatkowych argumentów poważnie osłabiających tzw. dualizm czynności ludzkich, czyli ich rozdział na poznawcze i motywacyjne. Wobec tego niesłuszne wydaje się akceptowanie tezy, zakładanej w wielu badaniach procesów poznawczych (por. np. Miller 1981), że elementy poznawcze są niezależne od motywacyjnych i w konsekwencji można je badać niezależnie od siebie.

BIBLIOGRAFIA

- Brooks L. R.: Conceptual Development and Category Structure. W: U. Neisser (Ed.). Concepts and Conceptual Development: Ecological and Intellectual Factors in Categorization. Cambridge 1987. Cambridge University Press.
- Chlewiński Z., Falkowski A.: Cechy i relacje w prototypowym i egzemplarzowym modelu kategoryzacji. „Prakseologia” 1992 nr 3-4 s. 49-77.
- Falkowski A.: Podobieństwo poznawcze w kategoryzacji percepcyjnej: badania empiryczne w egzemplarzowym modelu kategoryzacji. „Przegląd Psychologiczny” 33:1990 s. 293-312.
- Falkowski A.: Relacja podobieństwa w procesach poznawczych: Ekologiczne i informacyjne podejście w psychologii. Lublin 1990a. RW KUL.
- Falkowski A., Feret B.: Prototype and Exemplar Models in Categorization. A Simulatory Comparative Analysis. „Polish Psychological Bulletin” 21:1990 s. 199-211.
- Festinger L.: A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford 1957. Stanford University Press.
- Flannagan M. J., Fried L. S., Holyoak K. J.: Distributional Expectation and the Induction of Category Structure. „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition” 12:1986 s. 241-256.
- Fried L. S., Holyoak K. S.: Induction of Category Distributions: A Framework for Classification Learning. „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition” 10:1984 s. 234-257.
- Gibson J. J.: The Ecological Approach to Visual Perception. Boston 1979. Houghton Mifflin.
- Luce R. D.: Detection and Recognition. W: R. D. Luce, R. R. Bush, E. Galanter (Eds). Handbook of Mathematical Psychology. Vol. 1. New York 1963. Wiley.
- Medin D. L., Schaffner M. M.: Context Theory of Classification Learning. „Psychological Review” 85:1978 s. 207-238.
- Miller G. A.: Trends and Debates in Cognitive Psychology. „Cognition” 10:1981 s. 215-225.
- Murphy G. L., Medin D. L.: The Role of Theories in Conceptual Coherence. „Psychological Review” 92:1985 s. 289-316.
- Nosofsky R. M.: Choice, Similarity, and the Context Theory of Classification. „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition” 10:1984 s. 104-114.

- N o s o f s k y R. M.: Attention, Similarity, and the Identification-Categorization Relationship. "Journal of Experimental Psychology: General" 1986 No 115 s. 39-57.
- N o s o f s k y R. M.: Attention and Learning Processes in the Identification and Categorization of Integral Stimuli. "Journal of Experimental Psychology": Learning, Memory, and Cognition" 13:1987 s. 87-108.
- R e e d S. K.: Pattern Recognition and Categorization. "Cognitive Psychology" 3:1972 s. 382-407.
- R i p s L. J., S h o b e n E. J., S m i t h E. E.: Semantic Distance and the Verification of Semantic Relations. "Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior" 12:1973 s. 1-20.
- R o s c h E., M e r v i s C. B.: Family Resemblance: Studies in the Internal Structure of Categories. "Cognitive Psychology" 7:1975 s. 573-605.
- R o s c h E., S i m p s o n C., M i l l e r R. S.: Structural Bases of Typicality Effects. "Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance" 2:1976 s. 491-502.
- S e l f r i d g e O. G., N e i s s e r U.: Pattern Recognition by Machine. "Scientific American" 1960 No 203 s. 60-68.
- S m i t h E. E., S h o b e n E. J., R i p s L. J.: Structure and Processes in Semantic Memory: A Featural Model for Semantic Decisions. "Psychological Review" 81:1974 s. 214-241.
- S h e p a r d R. N., H o v l a n d C. I., J e n k i n s H. M.: Learning and Memorization of Classifications. "Psychological Monographs" 75:1961 (cały numer 517).
- T a k a n e Y., C a r r o l J. P.: Multidimensional Scaling from the Tree Construction Method of Similarity Data. Paper presented at the Meeting of the Psychometric Society, University of Quebec, Montreal, Canada 1982.
- T v e r s k y A.: Features of Similarity. "Psychological Review" 84:1977 s. 327-352.
- U l l m a n S.: Visual Routines. W: S. P i n k e r (Ed.). Visual Cognition. Cambridge 1985. MIT Press.

THE STRUCTURE OF SIMILARITY IN PERCEPTION CATEGORIZATION:
SIMULATION OF THE PROCESS OF FORMATION
OF A COGNITIVE REPRESENTATION OF THE CATEGORY

S u m m a r y

The aim of the present paper is to construct a model of formation of a cognitive representation of the category. The task was accomplished on the basis of a computer simulation of categorization adjusted to the results of empirical studies. The process of formation of a cognitive structure of the category was expressed in terms of the exemplar theory of categorization and in precisely defined relations of similarities between the perceived stimuli. The analysis of the process was carried out according to the optimization procedure that had been worked out. The procedure was applied to the results of experimental studies on perception categorization.

The optimization procedure revealed the inner, unobservable mechanism of formation of a cognitive structure of the outward experimental environment expressed by the dynamics of changes in the similarities between the categorized stimuli. The results of the studies were interpreted in terms of the cognitive-motivation conception of similarity (Falkowski 1990a), the theory of the cognitive dissonance (Festinger 1957) and the ecological theory of perception (Gibson 1979).

Translated by Tadeusz Karłowicz