

ANDRZEJ FALKOWSKI

SCHEMAT POZNAWCZY W KATEGORYZACJI PERCEPCYJNEJ

Do analizy procesów percepcji można podejść z perspektywy, w której rozpatruje się konkretny przedmiot spostrzegania jako należący do zbioru przedmiotów tak samo rozpoznawanych i nazywanych. Ta perspektywa jest związana z koncepcją tzw. nieprecyzyjnie określonych lub rozmytych kategorii, wprowadzoną w 1965 r. przez Zadeha w matematyce, a w dwa lata później przez Neissera w psychologii (Neisser, 1967). Chociaż w tego rodzaju kategoriach nie da się określić stałych kryteriów, na podstawie których można jednoznacznie stwierdzić, że konkretny egzemplarz jest przykładowo ręcznie napisaną literą „A”, to z dużym prawdopodobieństwem należy oczekiwać poprawnej klasyfikacji. Zbiór takich egzemplarzy tworzy zatem nieprecyzyjną kategorię, wobec czego spostrzeganie danego egzemplarza jako litery „A”, czyli jego rozpoznanie, może być łatwe lub trudne, ale czasem także i błędne.

Tak rozumiane kategorie są współcześnie przedmiotem badań w kategoryzacji percepcyjnej i ściśle wiążą się z tradycją badań nad rozpoznawaniem złożonych struktur percepcyjnych (*pattern recognition*). Jednakże dużo wcześniej, jeszcze w latach pięćdziesiątych, podjęto się w dziedzinie sztucznej inteligencji badania procesu klasyfikacji, w którym nie można jednoznacznie podać określonych reguł przyporządkowania. Powstało więc szereg programów komputerowych w podejściu informacyjnym, symulujących procesy uczenia się kategoryzowania złożonych struktur percepcyjnych. Chociaż bodźce percepcyjne stosowane zarówno w eksperymentach symulacyjnych, jak i z ludźmi są przeważnie egzemplarzami sztucznymi, przypominającymi jakiś abstrakcyjny wzorec lub obraz, to w założeniach różnych teorii wskazuje się na złożoność przedmiotów spotykanych w życiu codziennym. Poniżej są

scharakteryzowane modele symulujące rozpoznawanie struktur, ze szczególnym uwzględnieniem współczesnego, statystycznego modelu kategoryzacji. Założenia tego statystycznego modelu zostały wykorzystane do badania poznawczo-motywacyjnego związku w kategoryzacji oraz do ilustracji pewnych twierdzeń podejścia ekologicznego. Następnie niektóre współczesne badania empiryczne nad kategoryzacją są scharakteryzowane z punktu widzenia relacji podobieństwa egzemplarzy należących do danej klasy.

I. SYMULACYJNE MODELE ROZPOZNAWANIA STRUKTUR PERCEPCYJNYCH

1. *Modele oparte na częstościowej analizie cech*

Pierwsze komputerowe modele symulujące proces uczenia się rozpoznawania złożonych bodźców percepcyjnych konstruowane były w świetle analitycznego podejścia do procesów poznawczych. Wychodzono z założenia, że rozpoznawanie przedmiotu jest możliwe poprzez analizę cech ujawniających się w różnych częściach złożonego bodźca. W procesie rozpoznawania przedmiotu należałoby zatem rozłożyć go na proste elementy, a następnie każdą z tych części poddać niezależnej analizie.

Przykładem takich modeli była propozycja Selfridge'a z 1959 r., przedstawiona następnie szczegółowo – po przeprowadzeniu badań – wspólnie z Neisserem (Selfridge, Neisser, 1960). W swoich analizach nad rozpoznawaniem ręcznie pisanych liter alfabetu autorzy zrezygnowali z dotychczas przyjmowanego założenia, że spostrzegany przedmiot jest bezpośrednio dopasowywany do wzorca. Zamiast opisu liter tylko poprzez ich kształt, zdecydowano się na opis takich charakterystyk, które mogą być łatwo odczytane po rozłożeniu danego bodźca-litera na jego części. W fazie uczenia się rozpoznawania wprowadzana do wejścia systemu odręcznie pisana litera jest analizowana ze względu na każdą z wcześniej określonych cech. Jednocześnie podawane informacje identyfikujące daną literę umożliwiającą, po zakończeniu pewnej liczby prób, przyporządkowanie prawdopodobieństw występowania danej charakterystyki określonej literze. W wyniku uczenia się zostaje wytworzona struktura poznawcza liter alfabetu w postaci macierzy prawdopodobieństw, uzyskanej poprzez określenie iloczynu kartezyjskiego na zbiorze liter i zbiorze charakterystyk. Opracowany program rozpoznawania liter określa w sposób empiryczny zależność między obecnością cechy a warunkowym prawdo-

podobieństwem jej pojawienia się ze względu na każdą testowaną literę. Jednakże mimo osiągnięcia wysokiego poziomu trafności w klasyfikacji różnego typu złożonych bodźców, ten model rozpoznawania nie był rozwijany we współczesnych badaniach nad kategoryzowaniem. Można przypuszczać, że złożyły się na to dwa powody. Pierwszy odnosi się do podstawowego założenia psychologii postaci, według którego spostrzegana struktura nie jest prostą sumą jej składowych elementów. Proces rozpoznawania polegałby zatem na czymś więcej niż tylko tej prostej analizie zdekomponowanych elementów przedmiotów, jaka jest zaproponowana w pierwszych programach komputerowych. Drugi powód związany jest z coraz bardziej akcentowanym we współczesnych badaniach nad kategoryzacją znaczeniem pewnych oczekiwań człowieka odnośnie do rozpoznawanego przedmiotu. W procesie rozpoznawania człowiek uruchamia pewną wiedzę już na samym początku uczenia się kategoryzowania. To uczenie się nie jest więc wyłącznie funkcją kolejno prezentowanych bodźców, tak jak to jest *implicite* założone w scharakteryzowanym programie, lecz także poznawczej struktury organizującej spostrzeganą rzeczywistość.

Wydaje się, że uwzględnienie tych dwu istotnych kwestii w rozpoznawaniu przedmiotów znalazło miejsce we współczesnym, statystycznym modelu symulacyjnym.

2. Statystyczny model kategoryzacji

Przedstawioną koncepcję rozpoznawania złożonych struktur percepcyjnych należy potraktować jako pewien etap w budowie następnych programów komputerowych, wykorzystujących probabilistyczne prawa zachodzenia fizycznych zdarzeń. Mianowicie trudność rozpoznawania mocno zniekształconej figury może być spowodowana nie tyle brakiem wystąpienia określonej konfiguracji cech diagnostycznych, ile niskim prawdopodobieństwem pojawienia się takiego egzemplarza. Takie podejście sugeruje od razu możliwość opisu każdej cechy w postaci statystycznego rozkładu. Dana cecha może być zatem opisana nie jako występująca lub nie występująca, a więc według zasady „wszystko albo nic”, tak jak jest to założone w pierwszych programach rozpoznawania złożonych bodźców percepcyjnych, lecz jako właściwość przyjmującą różną wielkość z określonego dla tej cechy kontinuum fizycznego. Na tym kontinuum jest określony rozkład statystyczny wartości ze względu na rozpoznawany przedmiot. Na przykład taka charakterystyka, jaką jest „wklęs-

łość od góry”, może przyjąć taką wartość z kontinuum fizycznego, której prawdopodobieństwo warunkowe, że charakteryzuje ono literę V, jest znacznie większe od prawdopodobieństwa warunkowego litery A. Można jednak znaleźć taką wartość z tego kontinuum (ledwo dostrzegalną wklęsłość od góry), dla której te prawdopodobieństwa warunkowe znacznie się do siebie przybliżą. Prawdopodobieństwa danej cechy nie byłyby zatem czymś stałym, lecz byłyby uzależnione od wartości, jaką ta cecha przyjmuje w procesie rozpoznawania konkretnego przedmiotu.

Statystyczny model kategoryzacji (*category density model*), symulujący proces rozpoznawania złożonych bodźców przez komputer, opracowali Fried i Holyoak (1984). Centralne założenie statystycznego modelu kategoryzacji dotyczy parametrycznego opisu egzemplarzy w określonej przestrzeni cech. Cechy te mogą przyjmować różną wielkość na odpowiadającym im kontinuum fizycznym i stanowią wymiary reprezentujące strukturę kategorii. Poznawcza reprezentacja kategorii wytwarza się poprzez odkrywanie parametrów rozkładu egzemplarzy w zbiorze tych cech, które obserwator uwzględnia w kategoryzowaniu. Jeżeli zbiór przedmiotów jakiejś kategorii generowany jest według jakiegoś rozkładu symetrycznego (np. normalnego) w n -wymiarowej przestrzeni cech, wówczas funkcję gęstości tej kategorii można przedstawić w postaci wektora o $2n$ parametrach: średnia i wariancja każdego wymiaru odpowiadającego każdej, branej pod uwagę w procesie klasyfikacji, właściwości przedmiotu. Konkretnie egzemplarze są więc tymi próbkami pobieranymi z populacji danej kategorii, które służą do estymacji parametrów rozkładu danej cechy, czyli do wytworzenia reprezentacji poznawczej tej kategorii, definiowanej operacyjnie jako wektor o $2n$ parametrach.

Następne założenie odnosi się już do samego procesu klasyfikacji. Przyjmuje się tu dokładnie ten model procesu decyzyjnego, opartego na tzw. względnym prawdopodobieństwie, który funkcjonuje w teorii detekcji sygnałów. Mianowicie subiektywne prawdopodobieństwo $p_t(c_i/X)$, że konkretny egzemplarz X zostanie zaklasyfikowany do kategorii C_i w danej próbie t jest wyrażone twierdzeniem Bayesa:

$$p_t(c_i/X) = \frac{p_t(X/C_i)p_t(C_i)}{\sum_{m=1}^k p_t(X/C_m)p_t(C_m)}, \quad (1)$$

gdzie $p_t(X/C_i)$ jest subiektywnym, warunkowym prawdopodobieństwem, że egzemplarz X pochodzi z kategorii C_i w próbie t i może być określone zmienną losową rozkładu normalnego; $p_t(C_i)$ – prawdopodobieństwo *a priori* kategorii C_i ; k – liczba kategorii; m – kategoria m .

Ponieważ każdy egzemplarz charakteryzuje się pewnym zbiorem nieskorelowanych ze sobą właściwości branych pod uwagę w kategoryzowaniu, może on zostać zapisany jako wektor o n niezależnych wymiarach, x_1, x_2, \dots, x_n . Twierdzenie Bayesa w zastosowaniu do klasyfikacji n -wymiarowych n przedmiotów zostaje zatem wyrażone w następującej postaci multyplikatywnej:

$$p_t(C/x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{p_t(C_i) \prod_{j=1}^n p_t(x_j/C_i)}{\sum_{m=1}^k p_t(C_m) \prod_{j=1}^n p_t(x_j/C_m)}. \quad (2)$$

Równanie to stanowi podstawę reguły decyzyjnej opartej na względnym prawdopodobieństwie (*relative likelihood decision rule*). Zastosowanie tej reguły multyplikatywnej ma swoje uzasadnienie w tym, że właściwości tworzące konfigurację egzemplarza nie są skorelowane, a więc stanowią zdarzenia niezależne. Obserwator podejmuje zatem decyzję zaklasyfikowania danego egzemplarza X do tej kategorii C , dla której subiektywne prawdopodobieństwo pod warunkiem tego egzemplarza, $p(C/X)$, jest największe.

Ostatnie założenie modelu jest bezpośrednio związane z bayesowską regułą decyzyjną. Mianowicie uczenie się kategorii jest oparte na cyklicznym procesie sprawdzania i korygowania parametrów rozkładu cech poprzez kolejne klasyfikacje spostrzeganych egzemplarzy. W związku z tym wprowadza się tutaj *implicite* istotne założenie odnośnie do oczekiwania człowieka co do charakteru spostrzeganych przedmiotów (*top-down process*). Do danego zadania klasyfikacyjnego obserwator podchodzi już z pewną wiedzą oczekując, że właściwości egzemplarzy należących do kategorii rozkładają się zgodnie ze statystycznym rozkładem symetrycznym, który może być aproksymowany do rozkładu normalnego. W związku z tym na początku procesu klasyfikacji człowiek tworzy początkowe wartości parametrów rozkładu każdej kategorii, tj. średnie i wariancje, w zbiorze branych pod uwagę cech. Następne spostrzegane egzemplarze służą do weryfikacji i korekty wektora parametrów statystycznego rozkładu cech.

Założenie oczekiwania co do statystycznego, symetrycznego rozkładu przedmiotów należących do określonych kategorii jest do pewnego stopnia rozstrzygalne w prezentowanym modelu. Elementem kluczowym byłaby tu kwestia zastosowania informacji zwrotnej (*feedback*) po każdej dokonanej klasyfikacji. Wiadomo jednak, że w naturalnych sytuacjach uczenia się, w przeciwieństwie do laboratoryjnych procedur eksperymentalnych, informa-

cja zwrotna może być opóźniona, błędna lub może nie pojawić się wcale. Możliwość zatem wyuczenia się kategorii obiektywnie opisanych parametrami rozkładu normalnego, bez zastosowania informacji zwrotnej, stanowiłaby dość mocny argument za oczekiwaniem człowieka odnośnie do statystycznego, symetrycznego rozkładu spostrzeganych przedmiotów. To charakterystyczne oczekiwanie człowieka można rozumieć jako ważny element przystosowawczy z ekologicznego punktu widzenia. Na przykład w badaniach Eleanor Rosch podstawowy poziom kategorii naturalnych (*basic level*) wydaje się ustrukturalizowany zgodnie z symetrycznym rozkładem statystycznym.

Założenia statystycznego modelu kategoryzacji zastosowano do konstrukcji programu komputerowego, symulującego proces uczenia się kategorii. Zaproponowano dwie wersje uczenia się: a) z informacją zwrotną i b) bez tej informacji. W obu przypadkach uczenie się kategorii polegało na wstępnej estymacji parametrów oraz ich systematycznej korekcie podczas klasyfikowania kolejnych egzemplarzy generowanych przez dokładnie określone kategorie. Każda z kategorii ($k \leq 5$) została zdefiniowana poprzez zbiór średnich i wariancji odpowiadających właściwościom ($n \leq 5$), charakteryzujących się rozkładem normalnym. Konkretny bodziec generowany przez daną kategorię reprezentowany jest więc przez wektor wartości przyjmowanych na poszczególnych wymiarach, które są wybierane losowo według statystycznego rozkładu normalnego. Szczegółową analizę działania programu oraz przykłady jego zastosowań przedstawiają Fried i Holyoak (1984) oraz Falkowski (1989).

Wyżej przedstawione modele symulacyjne rozpoznawania bodźców percepcyjnych mogły być tylko w sposób bardzo ogólny porównywane z zachowaniem się człowieka. Porównywanie to sprowadzało się do określenia procentu prawidłowych identyfikacji, dokonywanych przez komputer i człowieka w analogicznych zadaniach klasyfikacyjnych.

Niezależnie jednak od symulacyjnych modeli klasyfikacji podejmowano szczegółowe eksperymenty nad zachowaniem się człowieka w rozpoznawaniu różnego rodzaju bodźców percepcyjnych. Ogólnie można podzielić badania na dwie grupy ze względu na charakter stosowanych bodźców. Do pierwszej należą eksperymenty z bodźcami percepcyjnymi, stanowiącymi taką strukturę, w której nie da się obiektywnie i jednoznacznie określić ich składowych elementów. Tego typu przedmiot spostrzegania jest pewną kompleksową postacią, analizowaną całościowo w badaniach psychologicznych. Proces rozpoznawania tak złożonych bodźców nie został dotąd rozstrzygnięty i przypuszczalnie polega albo na dekompozycji tych bodźców do bardziej prostych, składowych elementów, albo na konstrukcji pewnych właściwości obrazu

z prostych elementów. Druga klasa badań obejmuje te eksperymenty, w których bodźce percepcyjne składają się z dobrze określonych fizycznych właściwości. Są one znacznie prostsze niż kompleksowe struktury percepcyjne i zawierają zaledwie kilka precyzyjnie kontrolowanych charakterystyk, jak np. kształt, barwa czy wielkość. Interpretacja procesów klasyfikacyjnych może być tu znacznie bardziej pogłębiona stosowaniem ilościowych procedur skalowania wielowymiarowego. Na poziomie ogólnym jednak wyniki badań nad spostrzeganiem zarówno kompleksowych, jak i prostych struktur percepcyjnych prowadzą do podobnych wniosków. Niezależnie od stopnia złożoności stosowanych bodźców ich poznawcza reprezentacja w procedurze klasyfikacji jest ukształtowana zgodnie z symetrycznym rozkładem statystycznym, np. rozkładem normalnym.

II. PROCESY ROZPOZNAWANIA STRUKTUR PERCEPCYJNYCH W ŚWIETLE RELACJI PODOBIENSTWA

Badania empiryczne nad rozpoznawaniem bodźców percepcyjnych rozpoczęto w teoretycznej perspektywie pojęcia „schematu” wprowadzonego przez Bartletta (1932). Ogólne rozumienie schematu jako pewnej wiedzy człowieka, w świetle której interpretowane są zdarzenia otaczającego świata, sprecyzowano w taki sposób, aby można było dostosować to pojęcie do konkretnych eksperymentów. Jedną z propozycji uszczegółowienia tego pojęcia stanowią analizy Hebba (1949) podkreślające konieczność nabywania schematu pewnej klasy przedmiotów w celu coraz lepszego różnicowania między elementami tej klasy. Na przykład wszyscy spotkani Chińczycy będą wyglądać tak samo według przypadkowego Europejczyka, widzącego ich po raz pierwszy. Obserwator ten ma już subiektywne standardy jako miarę centralną twarzy ludzkiej, wytworzony poprzez „uśrednienie” poszczególnych przykładów twarzy europejskich, z którymi ma do czynienia na co dzień. Rozpoznanie zatem twarzy nowego Europejczyka można opisać w terminach wielkości jej odchylenia od standardu (*schema with correction*).

Należy więc oczekiwać dużej wrażliwości obserwatora na różnice między twarzami, interpretowane różnymi odchyleniami od miary centralnej. Jeżeli więc obserwator znajduje się po raz pierwszy w chińskiej populacji, wówczas, nie mając jeszcze wytworzonego subiektywnego standardu twarzy Chińczyka, wszystkie spotkane twarze będą odchylały się mniej więcej w tym samym kierunku od już posiadanej tendencji centralnej twarzy europejskiej. Możli-

wość różnicowania między Chińczykami staje się w takiej sytuacji znacznie mniejsza.

Warto tutaj wprowadzić interpretację probabilistyczną pojęcia schematu z „poprawką”, gdzie „schemat” odpowiadałby średniej, natomiast „poprawka” – wariancji w jakimś symetrycznym rozkładzie statystycznym, np. normalnym. Z matematycznego punktu widzenia dostosowanie rozkładu normalnego do danej populacji wskazuje na następujące prawidłowości. Dużą wrażliwość w różnicowaniu między dwiema obserwacjami człowiek osiąga wtedy, kiedy te obserwacje znajdują się blisko średniej, ponieważ odpowiada im największa gęstość rozkładu. Wrażliwość ta się zmniejsza w miarę zmniejszania się funkcji gęstości na tych dwu obserwacjach, co może być spowodowane m.in. przesunięciem średniej rozkładu. W takiej sytuacji różnicowanie między tymi samymi bodźcami staje się mniejsze. Jeżeli weźmie się pod uwagę to, że empiryczną interpretacją funkcji gęstości jest częstość występowania jakiejś obserwacji, wówczas jest zupełnie zrozumiałe, że częsty kontakt z jakimś zbiorem przedmiotów powoduje lepsze różnicowanie między nimi. Przykładem mogą być tu badania Gibson i Gibson (1957), w których osoby testowane spostrzegały kolejno siedemnaście podobnych, nonsensownych figur narysowanych na papierze i przedstawiających spirale. Figury te różniły się w następujących wymiarach: a) liczbą zwojów od trzech do pięciu, b) horyzontalnym ściśnięciem lub rozciągnięciem, c) prawym lub lewym kierunkiem „nawijania” zwojów. Obserwator miał za zadanie stwierdzić, czy spostrzegana w danym momencie figura jest tym samym kryterialnym rysunkiem spostrzeganym na początku eksperymentu przez pięć sekund, czy innym. Na pierwszy rzut oka poszczególne rysunki wydawały się badanym nieodróżnialne jeden od drugiego. Jednakże w miarę zwiększania się liczby prób (większa częstość ekspozycji) malała liczba błędnych identyfikacji. Obserwatorzy dostrzegali więc coraz to więcej właściwości odróżniających przedmiot kryterialny od pozostałych.

Należy tu zauważyć, że liczbę błędnych identyfikacji można zapisać w tzw. macierzy błędów – $S_i \times R_j$, ($i = 1, \dots, n$) – gdzie każdemu bodźcowi S_i odpowiada jedna poprawnie identyfikująca ten bodziec reakcja R oraz pozostały zbiór błędnych rozpoznań. Tego rodzaju macierz może być potraktowana jako niebezpośredni sposób pomiaru podobieństwa między bodźcami. Wobec tego przedstawiony eksperyment Gibson i Gibson należy rozumieć jako badanie procesu zmniejszania się podobieństwa między dwiema obserwacjami, czyli coraz lepszemu ich odróżnianiu. Ta zmiana relacji podobieństwa jest konsekwencją zwiększania się częstości pojawiania się danych bodźców,

co w interpretacji statystycznego modelu jakiegoś symetrycznego rozkładu odpowiada wzrostowi funkcji gęstości – określonej danym rozkładem – dla tych obserwacji.

Szczegółowa i formalna analiza podobieństwa, wyprowadzona z macierzy błędnych identyfikacji, jest przedstawiona w dalszej części pracy w teorii skalowania wielowymiarowego. Tutaj wystarczy intuicyjne rozumienie związku podobieństwa z częstością błędnych rozpoznań.

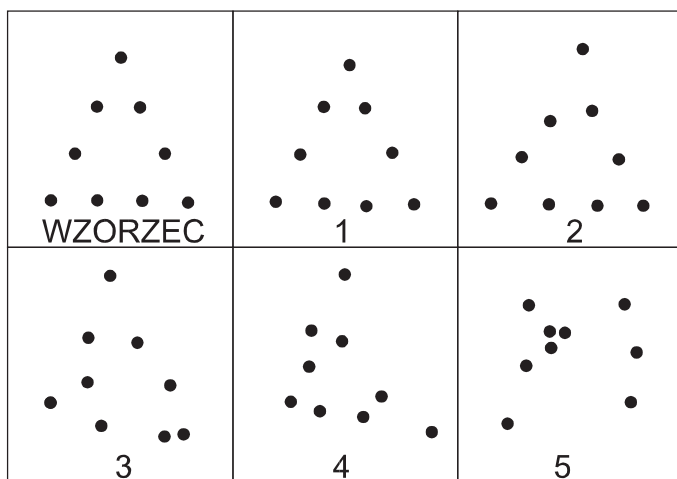
Operacyjne rozumienie schematu – jako wielkości średniej egzemplarzy należących do jakiejś klasy bodźców – było punktem wyjścia empirycznych badań nad rozpoznawaniem bodźców. Pierwsze badania eksperymentalne, zorientowane na testowanie hipotezy Hebba, że wyuczenie się schematu jakiejś klasy bodźców ułatwia następnie identyfikację poszczególnych elementów należących do tej klasy, podjął Attneave (1957). W jednym z dwu rodzajów zadań prezentował on osobom badanym bodziec przedstawiający na kartce papieru zbiór siedemnastu liter przypadkowo rozmieszczonych w macierzy 6×5 . Część kratek tej macierzy była więc pusta. Konstrukcja ta stanowiła wzorzec, którego badani mieli się wyuczyć podczas prób jego narysowania po uprzedniej, 15-sekundowej ekspozycji. W drugiej części badań osoby testowane wyuczały się ośmiu różnych nazw, odpowiadających ośmiu różnym zniekształceniom bodźca prototypowego (*paired-associates learning task*). Konkretnie zniekształcenie (*distortion*) polegało na probabilistycznej zmianie jednej litery wzorca. Proces identyfikacji tych zniekształconych ośmiu bodźców okazał się istotnie lepszy w grupie osób, które wstępnie uczyły się prototypu (średnia popełnionych błędów w identyfikacji wynosiła 28,47), niż w grupie kontrolnej badanych, uczestniczących tylko w procedurze identyfikacyjnej (średnia błędów wynosiła 36,2).

Warto tu zwrócić uwagę na *implicite* zawartą zmianę relacji podobieństwa między prezentowanymi ośmioma bodźcami, która wynika z zastosowanej procedury identyfikacyjnej. Mianowicie osoby, które wyuczyły się prototypu, spostrzegały bodźce jako mniej podobne do siebie i mniej myliły je między sobą niż badani z grupy kontrolnej. Coraz to lepsze różnicowanie, empiryczne określone zmniejszającą się liczbą błędnych identyfikacji, odpowiadałoby coraz to mniejszemu podobieństwu między bodźcami. Z wyników badań Attneave'a można już wysunąć hipotezę, że relacja podobieństwa między tymi samymi spostrzeganymi bodźcami nie jest stała, ale uzależniona od wcześniejszego procesu uczenia się.

Systematyczne badania empiryczne nad kategoryzacją, rozwijające koncepcje Attneave'a, podjęli Posner, Goldsmith i Welton (1967) oraz Posner i Kee-

le (1968). Z wyników badań tych autorów można także wyprowadzić pewne twierdzenia na temat relacji podobieństwa w procesie rozpoznawania bodźców.

Posner, Goldsmith i Welton (1967) zastosowali bodźce złożone z kropek, przedstawiające pięć następujących figur: litery alfabetu M i F, diament, trójkąt oraz figurę nieokreśloną. Dla każdego z bodźców wygenerowano pięć poziomów zniekształceń określonych ich odległością od prototypu. Ilustrację takiej sytuacji układu bodźców przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Wzorzec trójkąta oraz pięć poziomów zniekształceń w badaniach Posnera, Goldsmitha i Weltona (1967)

Z przeprowadzonych przez tych autorów kilku eksperymentów warto zwrócić uwagę na dwa, z których pierwszy kwestionował możliwość wyprowadzenia stopnia podobieństwa między różnie zniekształconymi egzemplarzami z wcześniej określonej funkcji psychofizycznej. W badaniach empirycznych otrzymano interesującą zależność zmniejszania się podobieństwa między dwoma egzemplarzami – pochodzącymi z sąsiadujących ze sobą poziomów zniekształceń – w miarę zwiększania się odległości tych poziomów od standardu. Na przykład dla figury diament egzemplarze z poziomów pierwszego i drugiego były bliskie sobie, gdzie średnia ocena bliskości według arbitralnie przyjętych przez badaczy jednostek pomiaru podobieństwa wynosiła tylko 15, natomiast ocena bliskości egzemplarzy z poziomu czwartego i piątego – już 60. Nie jest zatem sprawą łatwą przewidywanie stopnia podobieństwa między

egzemplarzami na podstawie funkcji określającej odległość tych egzemplarzy od wzorca, jeżeli bodźce składają się z nieskorelowanych ze sobą i niemożliwych do jasnego sprecyzowania wymiarów. W przypadku gdy takich wymiarów nie da się jasno określić, jak to miało miejsce w zastosowanych bodźcach, przewidywanie to jest w ogóle niemożliwe.

Drugi eksperyment dotyczył rozpoznawania pojęć reprezentowanych przez pięć wzorców. Na podstawie prezentowanego egzemplarza z danego poziomu zniekształcenia osoby testowane oceniały, czy należy on do trójkąta, litery M, F lub figury nieokreślonej. Badani podzieleni byli na cztery grupy odpowiadające czterem poziomom zniekształcenia każdego wzorca. Mierzono czas reakcji rozpoznawania bodźca oraz ilość popełnionych błędów do momentu osiągnięcia ustalonego przez badaczy kryterium wyuczenia się kategorii. Stwierdzono następującą zależność. Średnie czasy reakcji wzrastały wraz z coraz większym poziomem zniekształcenia wzorca i wynosiły kolejno: 2,96, 3,15, 4,0 i 3,7 sek. Podobną prawidłowość zaobserwowano w odniesieniu do średniej liczby błędów, która zwiększała się wraz ze wzrostem poziomu zniekształcenia standardu i wynosiła kolejno: 6,8, 26,2, 77,8 oraz 133,8.

Porównanie ze sobą tych dwu eksperymentów może prowadzić do następujących wniosków na temat relacji podobieństwa między spostrzeganymi bodźcami. W eksperymencie pierwszym osoby testowane oceniały dwa egzemplarze pochodzące z wysokiego poziomu zniekształcenia jako mało podobne. Gdyby autorzy zastosowali procedurę identyfikacyjną, zamiast bezpośredniej oceny podobieństwa, podobnie jak to zrobił Attneave (1957), wówczas w sytuacji oceny małego podobieństwa między dwoma bodźcami należałoby oczekiwać małej liczby błędnych identyfikacji tych dwu bodźców. Z kolei w drugim eksperymencie liczba błędnych klasyfikacji dla wysokiego poziomu zniekształcenia okazała się bardzo duża. Można powiedzieć, że w zastosowanej procedurze klasyfikacyjnej badani koncentrowali się na tych aspektach bodźców, które są istotne z punktu widzenia rozróżniania zastosowanych pojęć. Ponieważ aspekty te są bardzo słabo widoczne na wysokim poziomie zniekształcenia egzemplarzy, bodźce te są często mylone ze sobą. A zatem bodźce w procedurze klasyfikacyjnej stają się bardziej podobne do siebie niż te same bodźce w procedurze identyfikacyjnej. Z tej analizy można wyprowadzić ogólny wniosek, że elementy proceduralne danej sytuacji eksperymentalnej stanowią kontekst, który wpływa na sposób percepcji podobieństwa między bodźcami.

Podobną analizę zmiany relacji podobieństwa można wyprowadzić z bardziej znanych w literaturze psychologicznej badań Posnera i Keele (1968),

explicite zorientowanych na podkreślenie roli stopnia zmienności egzemplarzy oraz ważności schematu jako miary centralnej w procesie uczenia się kategorii. Warto tu zwrócić uwagę na ciekawe rezultaty badań otrzymane w jednym z serii eksperymentów.

Wykorzystany przez autorów materiał empiryczny, bodźce i sposób ich transformacji, był taki sam jak w wyżej przedstawionych badaniach Posnera, Goldsmitha i Weltona (1967). Dwie grupy eksperymentalne uczyły się czterech pojęć: trójkąta, litery M i F oraz figury nieokreślonej, kolejno na pierwszym i trzecim poziomie zniekształcenia figury. Podobnie jak w poprzednich badaniach, stwierdzono tu dłuższy czas uczenia się pojęć z trzeciego poziomu zniekształcenia w porównaniu z poziomem pierwszym. Następnie w drugiej części eksperymentu, tzw. fazie transferowej, osoby testowane w dalszym ciągu uczyły się klasyfikacji, jednakże bodźce były prezentowane z czwartego poziomu zniekształcenia. Okazało się, że badani z grupy pierwszej popełniali istotnie więcej błędów w klasyfikacji niż osoby z grupy drugiej. Dodatkowo przetestowana grupa kontrolna, gdzie zastosowano tylko drugą część eksperymentu, popełniła największą liczbę błędów. Na przykład średnia liczba błędów popełniona przez badanych w trzeciej próbie fazy transferowej dla grupy pierwszej, drugiej i kontrolnej wynosiła kolejno: 5,3, 4,5 i 7,6. Ogólnie można było stwierdzić, że osoby testowane, mając do czynienia z większą zmiennością bodźców należących do danej kategorii, wytwarzają jej bardziej adekwatną reprezentację poznawczą (pojęcie tej kategorii), obejmującą swym zasięgiem większą liczbę bodźców należących do tej kategorii niż osoby spostrzegające małą zmienność bodźców.

Nietrudno zauważyć, że gdyby dysponować szczegółowymi wynikami danych empirycznych, wówczas część transferową eksperymentu można byłoby zapisać w postaci macierzy błędnych identyfikacji pojęć, gdzie pięciu możliwym stanom rzeczy (pojęcia) odpowiada pięć reakcji identyfikujących każdy stan. Najmniejsza liczba błędów, zaobserwowana w drugiej grupie eksperymentalnej i rozpisana w macierzy błędnych klasyfikacji, wskazywałaby na dużą odległość między grupami egzemplarzy odpowiadającymi pięciu pojęciom, czyli na małe ich podobieństwo. Odmienny rezultat osiągnięto by dla grupy kontrolnej, w której wystąpiłaby duża liczba błędnych identyfikacji pojęć. W tej sytuacji odległości między pięcioma grupami bodźców są znacznie mniejsze. Gdyby przedstawić reprezentację wszystkich stosowanych w badaniach egzemplarzy w przestrzeni wielowymiarowej otrzymanej z macierzy błędów, wówczas znacznie łatwiej widziałoby się wyodrębnione pięć grup bodźców dla drugiej grupy eksperymentalnej, a dużo trudniej dla grupy

kontrolnej. Analogiczna reprezentacja wyników badań pierwszej grupy eksperymentalnej, gdzie w fazie uczenia się zastosowano małą zmienność bodźców, zajęłaby miejsce pośrednie.

Można więc powiedzieć, że w procesie uczenia się pojęć występuje tzw. efekt polaryzacji egzemplarzy, w którym egzemplarze należące do różnych kategorii wzajemnie „odpychają” się od siebie, natomiast należące do tej samej klasy „przyciągają” się. Należy w związku z tym przypuszczać, że w procesie uczenia się pojęć egzemplarze należące do danej kategorii spostrzegane są jako bardziej podobne do siebie i mniej podobne do egzemplarzy innych kategorii.

III. SCHEMAT POZNAWCZY

A OCZEKIWANIE I ADAPTACJA W PROCESACH ROZPOZNAWANIA

Obok relacji podobieństwa w rozpoznawaniu bodźców interesująca wydaje się także wewnętrzna struktura poznawczej reprezentacji kategorii. Przedstawione badania sugerują, że w procesie uczenia się kategoryzacji powstaje poznawcza struktura mająca pewne charakterystyczne właściwości. Mianowicie w centrum tej struktury znajduje się reprezentacja wzorca (prototyp) danej kategorii. W bliskim otoczeniu tego centrum są reprezentacje bodźców najmniej zniekształcone w stosunku do wzorca, natomiast w coraz dalszym otoczeniu pojawiają się reprezentacje egzemplarzy coraz bardziej zniekształconych. Empiryczny argument za tak rozumianą strukturą stanowi regularny rozkład czasów reakcji i ilość popełnionych błędów w procesie rozpoznawania bodźców, otrzymane w badaniach Posnera i Keele.

Mianowicie w jednym z nich otrzymano w fazie transferowej tak samo krótki czas reakcji w rozpoznawaniu wzorca jak bodźców już stosowanych w fazie uczenia się, chociaż wzorec ten prezentowano po raz pierwszy. Podobnie liczba błędów w rozpoznawaniu wzorca okazała się najmniejsza. Czasy reakcji oraz liczby błędnych rozpoznań zwiększały się proporcjonalnie do coraz wyższego poziomu zniekształcenia. Na przykład czasy reakcji rozpoznawania wzorca oraz egzemplarzy z czwartego i piątego poziomu zniekształcenia wynosiły kolejno: 1,97, 2,71 i 3,22 sek.

W prototypowych teoriach kategoryzacji wzorec jest rozumiany jako uśredniona wielkość egzemplarzy danej kategorii lub jako egzemplarz najbardziej reprezentatywny, decydujący o sposobie klasyfikacji szeregu innych bodźców. Prezentowany egzemplarz jest więc porównywany z prototypem

każdej kategorii, a następnie klasyfikowany zgodnie z określoną regułą, np. uwzględniającą miarę odległości lub jej przekształcenie w podobieństwo. Wobec tego prawdopodobieństwo klasyfikacji bodźca S_i do kategorii C_j według zasady podobieństwa zapisuje się następująco:

$$p(C_j/S_i) = \frac{b_j u_{iP_j}}{\sum_{K=1}^m b_K u_{iP_K}} \quad (3)$$

gdzie u_{iP_j} – podobieństwo bodźca S_i do prototypu P_j ; m – liczba kategorii; b_j – parametr określający stopień skłonności do klasyfikowania do kategorii C_j .

Szczegółowe i formalne analizy tych reguł klasyfikacji przedstawia m.in. Reed (1972), Nosofsky (1986), Falkowski (1990) oraz Falkowski i Feret (1990).

Poznawczą reprezentację kategorii można więc przedstawić w formie jednowierzchołkowego, symetrycznego rozkładu przypominającego jakiś regularny rozkład statystyczny. Przedstawione badania sugerują, że proces tworzenia się tak rozumianej, poznawczej reprezentacji kategorii jest wyłącznie funkcją prezentowanych bodźców w procesie uczenia się. Można jednak zastanowić się nad tym, że nabywanie tak regularnej struktury wewnętrznej pojęcia może być pewnym charakterystycznym sposobem porządkowania otaczającej rzeczywistości. Nie bez znaczenia wydaje się hipoteza, że do takich procesów poznawczych, jak tworzenie się pojęć, człowiek podchodzi z dobrze określoną wiedzą jako zakodowanym sposobem organizowania spostrzeganych przedmiotów. Wiedzę tę należy rozumieć jako już wytworzone oczekiwanie co do rozkładu przedmiotów i zdarzeń w otaczającym świecie. Umożliwia ona szybszą adaptację do środowiska niż w sytuacji, gdyby człowiek musiał jej od nowa się uczyć. Takie podejście niewątpliwie zakłada realnie istniejące, ustrukturalizowane, zewnętrzne środowisko w taki sposób, że wiedza człowieka, jako oczekiwanie co do charakteru tej struktury, jest aproksymacją obiektywnie zorganizowanej rzeczywistości. Wiele dotychczas przeprowadzonych badań nad tworzeniem się pojęć można wykorzystać w argumentacji za takim sposobem poznawczej organizacji rzeczywistości, którego charakter jest założony jeszcze przed jej empirycznym poznawaniem. Poniżej są przedstawione dalsze wyniki eksperymentów nad poznawczą reprezentacją kategorii, które podtrzymywałyby tę hipotezę.

1. Schemat poznawczy w badaniach nad kategoryzacją

Podobnie jak hipotezę zależności stopnia podobieństwa między tymi samymi bodźcami od zastosowanej procedury eksperymentalnej można wyprowadzić z badań *explicite* skoncentrowanych na innych zagadnieniach, tak i hipoteza o oczekiwaniach człowieka odnośnie do charakteru struktury otaczającego środowiska mogłaby być uzasadniona także na podstawie dotąd przeprowadzonych eksperymentów nad rozpoznawaniem. Najciekawsze badania, które mogą być tu wykorzystane, przeprowadziła Rosch i jej współpracownicy (1976), w związku z czym niektóre z nich są tutaj przedyskutowane.

W pierwszych eksperymentach nad badaniem struktury poznawczej reprezentacji kategorii Rosch (1973) wykorzystano materiał empiryczny składający się z trzech prostych figur geometrycznych: koło, kwadrat i trójkąt. Zniekształcone egzemplarze tych podstawowych wzorców otrzymano zgodnie z następującymi transformacjami: „przerwa” w danej figurze, „skrzywienie” prostej linii (dla kwadratu i trójkąta) lub „zmiana kąta łuku” (dla koła), „wydłużenie” linii oraz narysowanie figury na „oko”. Badanymi byli mieszkańcy Nowej Gwinei, w których języku nie było nazw odpowiadających tym figurom. Można więc było przeprowadzić eksperyment nad uczeniem się pojęć tych figur i wykazać, co było podstawową hipotezą autorki, że centralnym elementem poznawczej struktury kategorii jest prototyp, którym – w przypadku zastosowanych bodźców – okazała się tzw. perspektywa „normalna” „dobrej figury”, a więc regularny kwadrat, trójkąt i koło w rzucie prostym na płaszczyznę. Osoby testowane uczyły się nazw figur szybciej (mniejsza ilość błędów), jeżeli w prezentowanych zestawach trzech bodźców perspektywa normalna zajmowała miejsce środkowe, a jej dwie transformacje – pozycje peryferyczne, niż w zestawach, gdzie zajmowała ona miejsce peryferyczne. Po osiągnięciu kryterium uczenia się wszyscy badani oceniali typowość egzemplarzy, wskazując na normalną perspektywę figury jako najlepiej reprezentującą trójkąt, kwadrat i koło. W zastosowanej następnie procedurze identyfikacyjnej badani uczyli się nazw poszczególnych bodźców w trzyegzemplarzowym zestawie. Obserwatorzy szybciej uczyli się nazwy bodźca wzorcowego niż nazw bodźców zniekształconych. Taki rezultat otrzymano niezależnie od tego, czy prototyp zajmował miejsce centralne w eksponowanym zestawie, czy peryferyczne. Analogiczne badania autorka przeprowadziła nad uczeniem się nazywania kolorów. Badani łatwiej uczyli się nazw odpowiadających różnym barwom, jeżeli w prezentowanych zestawach trzech bodźców odpowiadających tej samej barwie, ale różniących się nasyceniem lub jasnością,

tw. czysta barwa (*focal color*) zajmowała środkowe miejsce, a nie peryferyczne.

Z punktu widzenia procesów percepcji badania te wskazują na stopniowaną łatwość-trudność – zarówno w spostrzeganiu figur geometrycznych, jak i kolorów – oraz na naturalną organizację spostrzegania. Reprezentacja poznawcza spostrzeganych przedmiotów organizowana jest wokół „normalnej perspektywy” przedmiotu jako jego pozycji centralnej, niezależnie od narzucanych warunków uczenia się nazywania. Warunki te mogą tylko przyspieszyć lub opóźnić proces nabywania tej reprezentacji, nie wpływając jednak na jej strukturę.

W innych badaniach, skoncentrowanych na strukturze poznawczej reprezentacji kategorii, Rosch, Simpson i Miller (1976) wykorzystali m.in. ten sam charakter bodźców percepcyjnych, jaki był stosowany w badaniach Posnera i współpracowników (1967). Badania tych autorów są bardziej pogłębioną analizą poznawczej struktury kategorii, z której można wyprowadzić hipotezę o jednomodalnym i symetrycznym charakterze tej struktury. W pierwszej części badań obserwatorzy uczyli się czterech kategorii, w których egzemplarze prototypowe skonstruowano z dziewięciu kropek przypadkowo rozlokowanych w macierzy 27×27 . Każda kategoria reprezentowana była przez prototyp oraz pięć egzemplarzy, kolejno na pierwszym, drugim, trzecim, czwartym i piątym poziomie zniekształcenia. Po wyuczeniu się kategorii, gdzie osoby testowane osiągnęły ustalone przez badaczy kryterium, tj. po bezbłędnej klasyfikacji w dwu kolejnych seriach ekspozycji, rozpoczęto następny etap badań. Obserwatorom pierwszej grupy ponownie eksponowano bodźce i mierzono czasy reakcji rozpoznawania egzemplarzy. Badani oceniali także – na skali 5-stopniowej – typowość kolejno prezentowanych bodźców należących do danej kategorii. W drugiej grupie osoby testowane odtwarzały na kartkach papieru jak najwięcej bodźców z każdej klasy w czasie 10 minut. Najkrótszy czas reakcji uzyskano dla prototypu i pierwszego poziomu zniekształcenia (1,5 sek.), dłuższy – dla poziomu drugiego i trzeciego (1,9 sek.) oraz najdłuższy – dla poziomu czwartego i piątego (2,3 sek.). Ocena stopnia typowości okazała się zgodna z czasami reakcji, gdzie najbardziej typowe egzemplarze znajdowały się blisko prototypu (średnia ocena 1,7), a najmniej typowe – najdalej prototypu (średnia ocena 4,7). Z kolei w drugiej grupie badanych pierwszy narysowany egzemplarz w 93% przypadków znajdował się bliżej prototypu niż drugi.

Można więc powiedzieć, że pewne sugestie odnośnie do struktury poznawczej kategorii, jakie można wysunąć z badań Posnera i współpracowników

(1967), znalazły potwierdzenie w przedstawionych eksperymentach. Eksperymenty te w niewielkim jeszcze stopniu pozwalają na ustosunkowanie się odnośnie do charakteru posiadanej wiedzy i jej wpływu na wewnętrzny sposób organizacji bodźców. Jednakże można spróbować określić charakter tej wiedzy na podstawie badań autorów kwestionujących związek między częstością ekspozycji bodźca a stopniem jego typowości.

W jednym z eksperymentów Rosch, Simpson i Miller (1976) sprawdzili szybkość uczenia się różnie zniekształconych bodźców. Średnia liczba błędnych klasyfikacji w całym procesie uczenia się wynosiła kolejno: dla egzemplarzy najbliższej prototypu – 12,1, w odległości średniej – 14,8 i w najdalszej – 19,8. Takie charakterystyczne wyniki pozwalają na rekonstrukcję procesu uczenia się. Mianowicie osoby badane najpierw wyuczyły się egzemplarzy najbardziej typowych. Oznacza to, zgodnie z zastosowaną procedurą badawczą powtarzania pełnego zestawu bodźców aż do momentu bezbłędnego rozpoznania każdego egzemplarza, że już wyuczone, najbardziej typowe bodźce były ekspozycje badanych w dalszym ciągu, a więc znacznie częściej od najmniej typowych. Wobec tego obserwatorzy bardziej utrwalili w pamięci bodźce blisko wzorca niż egzemplarze znajdujące się dalej, co w konsekwencji mogło wpłynąć na otrzymany efekt typowości.

W następnym eksperymencie zlikwidowano ten efekt częstości, dostosowując liczbę powtórzeń egzemplarzy do – otrzymanych w pierwszym badaniu – liczby prób koniecznych do wyuczenia się bodźców na danym poziomie zniekształcenia. Mianowicie bodźce blisko prototypu i łatwe do wyuczenia się prezentowano rzadziej od egzemplarzy znajdujących się dalej i trudniejszych do wyuczenia się. Jednakże mimo tej zmiany otrzymano czasy reakcji i stopnie typowości bodźców wysoko skorelowane z ich odległością od wzorca, a więc analogiczne do wyników poprzednich badań, gdzie nie wyeliminowano efektu częstości.

Rosch, Simpson i Miller (1976) wskazują więc, że częstość nie jest elementem decydującym o stopniu typowości bodźców należących do wyuczonej kategorii. Struktura poznawcza kategorii, nabywana w procesie uczenia się, odpowiadałaby zatem obiektywnie istniejącym, fizycznym relacjom między egzemplarzami składającymi się na te kategorie.

Na podstawie przedstawionych tu badań można wysunąć hipotezę, że struktura wyuczonej kategorii jest dostosowywana – według oczekiwania obserwatora – do jednodobalnego, symetrycznego rozkładu. Do uczenia się kategorii człowiek podchodzi już z pewną wiedzą jako tym abstrakcyjnym schematem, do którego dopasowuje wyuczone bodźce. Zgodnie z tym schema-

tem oczekuje na przykład, że bodziec prototypowy jest najczęściej pojawiającym się w danej kategorii, a więc najbardziej typowym. W przedstawionych eksperymentach – mimo ekspozycji bodźców niezgodnej z ich naturalną organizacją lub zmiany w rozkładzie częstości egzemplarzy, niezgodnym z naturalnie występującym rozkładem – typowość i czasy reakcji wskazywałyby na uruchomienie takiej struktury w procesie uczenia się kategorii, w której różne egzemplarze dopasowywane są do rozkładu symetrycznego. Interesująca wydaje się tu interpretacja wyżej przedstawionych badań Rosch (1973). Mianowicie czas wyuczenia się kategorii, gdzie egzemplarz zniekształcony zajmował pozycję centralną, a wzorzec – pozycję peryferyczną, był dłuższy niż w układzie odwrotnym. W takiej sytuacji obserwator najpierw „przekształca” nienaturalnie prezentowany rozkład do naturalnie oczekiwanego i tym samym dostosowuje go do fizycznej struktury prezentowanych bodźców.

Symetryczność *a priori* posiadane przez człowieka schematu jest zatem dopasowywana do naturalnego porządku występującego w przyrodzie. Tak rozumiane badania nad poznawczym zachowaniem się człowieka sugerowałyby możliwość rozszerzenia wariantu ekologicznego w psychologii na procesy kategoryzowania.

2. Schemat poznawczy w statystycznym modelu kategoryzacji

Przedstawiona argumentacja za jednomodalnym, symetrycznym schematem poznawczym – jako oczekiwaniem człowieka odnośnie do rzeczywistości – została *explicite* wyrażona w statystycznym modelu kategoryzacji. Symetrię schematu wyrażono tu oczekiwanym rozkładem normalnym, do którego dostosowywane są egzemplarze należące do danej kategorii. W rozdz. 1 scharakteryzowano ogólny model zachowania się w statystycznym podejściu do kategoryzowania. Obecnie zostaną krótko zaprezentowane niektóre wyniki zachowania się człowieka według tego modelu.

Pierwsze badania eksperymentalne w podejściu statystycznym do kategoryzowania, podjęte przez Fried i Holyoak (1984), sprowadzały się zasadniczo do potwierdzenia hipotez oraz wyników badań otrzymanych z procesu symulacji zachowania się według opracowanego przez autorów modelu. Ponieważ badania te są właściwie uszczegółowieniem koncepcji Posnera i Keele, wystarczy powiedzieć, iż potwierdzono tu ważny rezultat lepszej poznawczej reprezentacji kategorii w sytuacji większej zmienności egzemplarzy w procesie uczenia się. Zastosowany statystyczny model kategoryzacji pozwolił na

wyrażenie tego rezultatu w precyzyjnej analizie związku wariacji rozkładu zniekształconych egzemplarzy, z prawdopodobieństwem klasyfikacji wyrażonym bayesowską regułą decyzyjną (por. równanie 2, rozdz. 1). Wyuczenie się kategorii o dużej wariacji rozkładu zniekształconych bodźców zwiększa prawdopodobieństwo, że konkretny, zniekształcony egzemplarz pochodzi z tej kategorii, w porównaniu z kategorią wyuczoną na podstawie małej wariacji, gdzie to prawdopodobieństwo dla tego samego egzemplarza jest mniejsze. Wyniki tych badań są zatem dodatkowym, poważnym argumentem za koniecznością uwzględniania stopnia zmienności egzemplarzy w tworzeniu reprezentacji poznawczej danej kategorii.

Dotychczas przedstawione badania nie stanowią jeszcze empirycznego testu potwierdzającego występowanie *a priori* oczekiwania człowieka co do struktury rzeczywistości, wyrażonego w jednomodalnym schemacie symetrycznym. Mogą równie dobrze sugerować, iż proces uczenia się kategorii dokonuje się poprzez indukcję poznawczej reprezentacji (prototyp-średnia i zmienność-wariacja) wyłącznie na podstawie samych egzemplarzy, bez konieczności uwzględniania oczekiwania człowieka co do symetrycznego charakteru rozkładu bodźców w środowisku. Zrodziła się więc potrzeba badań empirycznych bezpośrednio skoncentrowanych na testowaniu hipotezy o występowaniu *a priori* schematu poznawczego, organizującego w wewnętrznej strukturze otaczające człowieka środowisko.

Flanagan, Fried i Holyoak (1986) przeprowadzili serię eksperymentów weryfikujących statystyczny model kategoryzacji, zorientowanych na testowanie *a priori* jednomodalnego i symetrycznego schematu poznawczego, dopasowywanego do rozpoznawanych przedmiotów. W jednym z badań autorzy prezentowali obserwatorom struktury geometryczne jako tzw. twórczość artystyczną w stylu „kubizmu” (*blocking painting*). Bodźce te były generowane przez komputer i składały się z trzech kwadratów przyjmujących różne wielkości według statystycznego rozkładu losowego na trzech – nieskorelowanych ze sobą – następujących wymiarach: wysokość dużego kwadratu stanowiącego tło dla pozostałych figur, wysokość, a także szerokość pozostałych dwu mniejszych kwadratów, znajdujących się na tle pierwszego. W pierwszym eksperymencie badani mieli klasyfikować bodźce jako należące do stylu reprezentowanego przez artystę „Vango” lub innych „twórców” w nurcie kubizmu. Dla jednej grupy badanych wszystkie egzemplarze były generowane według rozkładu normalnego na trzech wymiarach i w sumie stanowiły jednomodalny, symetryczny rozkład. Drugiej grupie prezentowano te same bodźce, jednakże według dwumodalnego rozkładu w kształcie litery U, w którym

najczęściej występowały wartości skrajne, a najrzadziej środkowe. Wstępna faza eksperymentu polegała na przedstawieniu badanym 20 lub 150 prób ekspozycji bodźców zgodnie z rozkładem normalnym lub U. Następnie w części transferowej osoby testowane klasyfikowały egzemplarze jako należące albo do twórczości „Vango”, albo do innych kompozycji.

Analiza wyników badań wykazała, że osoby testowane w grupie z rozkładem normalnym już po 20 próbach uczenia się klasyfikowali bodźce w drugiej części eksperymentu tak, jakby pochodziły z jednomodalnego rozkładu symetrycznego. Prawdopodobieństwo zaklasyfikowania egzemplarzy do danej kategorii „Vango” okazało się największe dla bodźców, których rzeczywista częstość pojawienia się była największa zgodnie z rozkładem normalnym. Przedstawiona przez autorów graficzna reprezentacja otrzymanych częstości względem fizycznej wielkości bodźca (uśrednienie trzech wymiarów) faktycznie przypomina jednomodalny rozkład symetryczny. Inaczej sprawa przedstawiała się w grupie osób z rozkładem U. Reprezentacja graficzna wyników z fazy transferowej po 20 próbach uczenia się przypomina rozkład normalny, co wskazuje na to, że badani zachowywali się tak, jakby oczekiwali jednomodalnego rozkładu bodźców. Po 150 próbach uczenia się empiryczny rozkład częstości przypominał już bardziej funkcję płaską niż rozkład normalny, ale w dalszym ciągu odbiegającą od kształtu U. Dopiero w następnym eksperymencie, gdzie w fazie uczenia się eksponowano badanym 600 przykładów egzemplarzy według rozkładu U, uzyskano empiryczny rozkład częstości przypominający kształt U. Osoby testowane „przełamały” zatem – dopiero po wielu próbach – nastawienie jednomodalnego, symetrycznego rozkładu prezentowanych egzemplarzy. Wiele następnych eksperymentów Flannagana i jego współpracowników dostarcza dodatkowej argumentacji za tym, że to jednomodalne, symetryczne nastawienie jest względnie trwałą i dość sztywną charakterystyką procesu poznawczego.

Ogólnie mówiąc, wyniki tych badań wskazują na bardzo dużą trudność w przełamaniu jednomodalnego, symetrycznego nastawienia w rozpoznawaniu przedmiotów i dużą łatwość w odrzuceniu innego niż normalny, wcześniej wyuczony rozkład. To „normalne” oczekiwanie jest więc pierwotnym i trwałszym schematem poznawczym człowieka niż inne, nabywane na drodze uczenia się. W świetle eksperymentów w statystycznym modelu kategoryzacji można lepiej zrozumieć przedstawione wyniki badań Rosch, Simpson i Miller (1976), wskazujące na pewną sztywność w nastawieniu ujawniającą się w bra-

ku zmiany stopnia typowości egzemplarzy danej kategorii, mimo zmian częstości ich ekspozycji.

Uwzględniając to, że w rzeczywistości wiele zjawisk można aproksymować do rozkładu normalnego oraz że schemat poznawczy człowieka odpowiadałby w ten sposób opisanej, fizycznej strukturze zdarzeń w środowisku, ta charakterystyka poznawczej struktury, jaką jest forma rozkładu, byłaby ekologicznie ważna.

3. Schemat poznawczy w egzemplarzowym modelu kategoryzacji

Dotychczas przedstawione badania nad kategoryzowaniem zakładają, że w procesie uczenia się klasyfikacji człowiek dokonuje abstrakcji prototypu. Rozumiany jest on jako uśredniona wielkość egzemplarzy danej kategorii lub jako egzemplarz najbardziej reprezentatywny, decydujący o sposobie klasyfikacji szeregu innych bodźców. Mianowicie zakłada się, że przedstawiony w danej próbie egzemplarz jest porównywany z prototypem każdej kategorii, a następnie klasyfikowany zgodnie z określoną regułą, np. opartą na względnym prawdopodobieństwie według modelu Bayesa (por. rozdz. 1) lub uwzględniającą przede wszystkim miarę odległości.

W 1978 r. Medin i Schaffer zaproponowali – konkurencyjny do modelu prototypowego – egzemplarzowy model kategoryzacji. Podstawowa idea ich koncepcji 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 , wyraża się następującym równaniem:

$$p(C_1/z) = \frac{\sum_{x \in C_1} s(z, x)}{\sum_{x \in C_1} s(z, x) + \sum_{y \in C_2} s(z, y)}. \quad (4)$$

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

$$s(z, x) = \prod_{j=1}^n s_j, \quad (5)$$

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

*

Zaprezentowana koncepcja badań w kategoryzacji percepcyjnej pokazuje mechanizm tworzenia się poznawczej reprezentacji otaczającej rzeczywistości na poziomie spostrzeżeniowym. Taka organizacja bodźców percepcyjnych wykracza już poza tylko poziom spostrzegania i łączy w sobie myślenie pojęciowe. W związku z tym przedstawione metodologie badań w kategoryzacji percepcyjnej są z powodzeniem stosowane na wyższych poziomach poznawczego funkcjonowania człowieka, m.in. w kategoryzacji semantycznej (Rosch, 1975; Barsalou, 1985), wnioskowania przez analogię (Holland i in. 1986), Holyoak, Koh, 1987) i odkrycia naukowego (Falkowski, 1993; 1999).

BIBLIOGRAFIA

- Atneave, F. (1957). Transfer of experience with a class-schema to identification-learning of patterns and shapes. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 81-88.
- Barsalou, L. W. (1985). Ideals, central tendency, and frequency of instantiation as determinants of graded structure in categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 629-654.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering, a study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Falkowski, A. (1989). Poznawcza reprezentacja w symulacyjnych modelach kategoryzacji struktur percepcyjnych. (W:) A. Biela, Z. Uchnast, A. Januszewski (red.), *Wykłady z psychologii w KUL 1987/1988* (s. 23-40). Lublin: RW KUL.
- Falkowski, A. (1990). Podobieństwo poznawcze w kategoryzacji percepcyjnej: Badania empiryczne w egzemplarzowym modelu kategoryzacji. *Przegląd Psychologiczny*, 33, 293-312.
- Falkowski, A. (1993). Cognitive similarity in scientific discovery: An ecological approach. W: J. Brzeziński, S. di Nuovo, T. Marek, T. Maruszewski (red.), *Creativity and consciousness: Philosophical and psychological dimensions* (s. 185-200). Amsterdam-Atlanta: GA: Rodopi B. V.
- Falkowski, A. (1999). Stałość poznawcza, analogia i odkrycie naukowe. *Czasopismo Psychologiczne*, 5, 77-89.
- Falkowski, A., Feret, B. (1990). Prototype and exemplar models in categorization: A simulator comparative analysis. *Polish Psychological Bulletin*, 21, 199-211.
- Flanagan, M. J., Fried, L. S., Holyoak, K. S. (1986). Distributional expectation and the induction of category structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 241-256.
- Fried, L. S., Holyoak, K. S. (1984). Induction of category distributions: A framework for classification learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 234-257.
- Gibson, J. J., Gibson, E. J. (1957). Continuous perspective transformations and the perception of rigid motion. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 129-138.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behaviour*. New York: Wiley-Interscience.
- Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., Thagard, P. R. (1986). *Induction: Process of inference, learning, and discovery*. Cambridge: MIT Press.
- Holyoak, K. J., Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition*, 15, 332-340.
- Medin, D. L., Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology*, 115, 39-57.
- Posner, M. I., Goldsmith, R., Welton, K. E. (1967). Perceived distance and the classification of distorted patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 73, 28-38.
- Posner, M. I., Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363.
- Reed, S. (1972). Pattern recognition and categorization. *Cognitive Psychology*, 3, 382-407.
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 192-233.
- Rosch, E. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4, 328-350.
- Rosch, E., Simpson, C., Miller, R. S. (1976). Structural bases of typicality effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 491-502.
- Selfridge, O. G., Neisser, U. (1960). Pattern recognition by machine. *Scientific American*, 203, 60-68.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

THE COGNITIVE SCHEME IN PERCEPTUAL CATEGORIZATION

S u m m a r y

Perceptual categorization is a domain of the research on cognitive processes which combines perception with conceptual thinking. The paper discusses problems connected with the recognition of perceptual structures in the light of contemporary models of categorization. An analysis of a prototypical model, statistic and exemplary, has shown that various manners of operationalization of the concept of the recognition of structures, in respect of the assumed theory of the processes of categorization. The basic question here which a given theory is to answer is the following: does a man in the process of categorization creates or discovers a specimen most typical of a given class, as it is assumed in the prototypical model? Or, does it only memorize its particular specimen, which is in line with the assumptions of the exemplary model?

The characterization of the cognitive representation of perceptual category points that specimens belonging to a given class are much more similar to one another, than to the specimens of other categories. This seems understandable in the light of the physical structure of stimuli which constitute a category and sensorial limitations of man. However, in some empirical research it was shown that the perceived similarity between specimens is not constant, but it changes in respect of the manner of categorization. An analysis of the cognitive scheme has been presented here in the context of a statistic, prototypical, and exemplary model of categorization.

Translated by Jan Kłos