

EWELINA PEKALSKA

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie
Wydział Pedagogiki i Psychologii

WPŁYW WIELKOŚCI SIATKÓWKOWEJ OBIEKTU NA OPERACJE WYOBRAŻENIOWE: ROTACJA, SYNTEZA, ICH ZŁOŻENIE*

Niniejszy artykuł jest odpowiedzią na pytanie badawcze dotyczące wpływu wielkości siatkówkowej (rozumianej jako tangens wielkości fizycznej obiektu i dystansu od podmiotu) na transformacje wyobrażeniowe. Zaprojektowano trzy eksperymenty, w których wzięły udział 182 osoby, uwzględniając trzy rodzaje operacji: 1) synteza jako operacja zmieniająca strukturę obiektu, 2) rotacja jako operacja zachowująca strukturę obiektu, 3) złożenie dwóch poprzednich. Potwierdzono wpływ wielkości siatkówkowej w przebiegu operacji rotacji. Okazało się także, że wpływ istotnie oddziałuje na efektywność wszystkich trzech operacji mentalnych. Wykazano tendencję odnośnie do wpływu wielkości fizycznej w operacji syntezy (najoptymalniej badani operowali obiektami o średnicy 15 cm, czyli takimi, które da się ująć w dłoni, w świecie realnym). Można zauważyć, że optymalny dystans do obiektu, preferowany przez badanych, to 30 cm. W świecie rzeczywistym umożliwiałoby to swobodne przekształcenia na wyciągnięcie ręki. Uzyskane wyniki są argumentem za analogicznością świata mentalnego do tego, w którym żyjemy.

Słowa kluczowe: wyobrażenia, rotacja wyobrażeniowa, synteza wyobrażeniowa, operacje symultaniczne, wielkość siatkówkowa, wielkość obiektów a operacje wyobrażeniowe.

Niniejszy artykuł koncentruje się na problematyce wpływu wielkości siatkówkowej na efektywność operacji na wyobrażeniach, które rozumiane są jako wewnętrzne reprezentacje powstające pod nieobecność danych spostrzeżeń. Wyobrażenia ma charakter procesu odgórnego, inicjowanego przez potrzeby i cele. Obraz jest budowany na podstawie instrukcji wyobrażeniowej, wy-

EWELINA PEKALSKA – Wydział Pedagogiki i Psychologii, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, ul. Mełgiewska 7/9, 20-209 Lublin; e-mail: ewelina.pekalska@wsei.lublin.pl

* Serdecznie dziękuję za uwagi do pierwotnej wersji artykułu Panu Profesorowi Andrzejowi E. Sękowskiemu, promotorowi mojej pracy doktorskiej, której fragmentem jest niniejsze opracowanie. Panom Pawłowi Augustynowiczowi i Bartłomiejowi Pękalskiemu jestem wdzięczna za opracowanie grafik i programów komputerowych, niezbędnych do realizacji eksperymentów.

wołanej poleceniem „wyobraź sobie” (instrukcja jawna) lub metaforą, dźwiękiem (instrukcja niejawna). Inaczej dzieje się w procesie spostrzegania, gdzie hipoteza percepcyjna powstaje na podstawie map retinotopowych, danych z receptorów (Francuz, 2007).

Transformacje na reprezentacjach wyobraźniowych mogą przyjąć dwie formy (Nowak, 1991): (1) proste transformacje – obroty i przesunięcia, które powodują zmianę relacji przestrzennych między reprezentacjami obiektów, ale nie powodują zmiany ich kształtu; (2) transformacje zmieniające strukturę obiektu – obroty i przesunięcia, które powodują zmianę relacji przestrzennych między częściami reprezentacji, czyli zmianę kształtu.

Poza pojedynczymi operacjami, które mogą zachowywać lub zmieniać strukturę obiektu, można rozpatrywać jeszcze złożenia operacji, czyli **operacje symultaniczne**, polegające na jednoczesnym występowaniu co najmniej dwóch operacji w jednym akcie wyobraźniowym.

Transformacje mogą być dokonywane na reprezentacjach przestrzennych lub wyobrażeniach zmysłowych (Nowak, 1991). Reprezentacje przestrzenne istnieją w obiektywnej przestrzeni i nie zależą od punktu obserwacji, zaś transformacje dokonywane na wyobrażeniach zmysłowych obserwowane są z określonego punktu widzenia, czyli są zorganizowane ze względu na obserwujący podmiot. Proponuje się, aby transformacje wyobrażeń zmysłowych traktować jako zmianę reguł generowania wyobrażenia zmysłowego z reprezentacji.

Jeśli więc rozpatrujemy rotację jako operację zachowującą strukturę obiektu, ktoś mógłby dyskutować z tym, twierdząc, że z perspektywy podmiotu przedmiot rotowany zmienia swoją strukturę. I faktycznie z perspektywy podmiotu tak jest, ale w obiektywnej przestrzeni – nie. Zasadnicze jest więc założenie, że rozróżnienie na operacje zachowujące vs zmieniające strukturę obiektu dotyczy reprezentacji przestrzennych.

ROTACJA WYOBRAŻENIOWA JAKO PRZYKŁAD OPERACJI ZACHOWUJĄCEJ STRUKTURĘ OBIEKTU

W badaniach nad rotacją, prowadzonych według klasycznego paradygmatu zaproponowanego przez Sheparda, jako bodźce wykorzystywano litery (Cooper i Shepard, 1973), wieloboki (Cooper, 1975), bryły trójwymiarowe (Shepard i Metzler, 1971). Wykazano liniową zależność pomiędzy stopniem obrotu figury a czasem reakcji: im figura obrócona jest o większą liczbę stopni, tym czas odpowiedzi się wydłuża. Dzieje się tak aż do obrotu o 180 stopni. Im większy

jest kąt rotacji – powyżej 180 do 360, tym mniejszy jest czas reakcji. Jest to klasyczny rezultat, nazywany efektem wahadła, który jednoznacznie dowodzi ekonomii w funkcjonowaniu mózgu (Cooper i Shepard, 1973; Cooper, 1975; Shepard i Metzler, 1971).

Wielokrotnie badania nad rotacją wyobraźniową przyniosły wiele interesujących wniosków, m.in. wykluczono wpływ symetryczności (Taosheng i Cooper, 2003), długo dyskutowano nad wpływem wielkości (Biederman, 1987; Bundesen i Larsen, 1975; Kosslyn, 1980; Kubovy i Podgorny, 1981) – nie dochodząc do spójnych wniosków; potwierdzono wpływ wyrazistości obiektów (np. Sternberg, 2001), ujawniono znaczenie morfologii – obiekty marmurowe są obracane w wyobraźni dłużej niż drewniane, zwłaszcza przez kobiety (Francuz, Oleś i Chumak, 2008). Badano wpływ modalności, w jakiej dokonywana jest rotacja (Lawson, 2009), oraz treningu. Wykazano ponadto, że dzięki ćwiczeniom można znacząco podnieść zdolności rotowania figur (Jolicoeur, nie podane źródło, za: Sternberg, 2001).

Ciekawą modyfikacją klasycznej metodologii badań nad rotacją, która uwzględnia interakcję pomiędzy kształtem a ruchem, zaproponowali Taosheng i Cooper (2003). Osoby uczestniczące w eksperymencie oglądały serię 64 brył trójwymiarowych, poddawanych podczas prezentacji rotacji o 120 stopni na sekundę. Po prezentacji przeprowadzano test pamięci, który uwzględniał figury zaprezentowane w badaniu oraz figury zupełnie nowe. Połowa znanych obiektów była zrotowana we właściwym kierunku – czyli takim, w jakim była rotowana w prezentacji, zaś druga połowa – w kierunku niewłaściwym (co istotne, wcześniej osoby nie wiedziały, że będą uczestniczyły w teście pamięciowym, instrukcja polecała im jedynie zastanowić się, czy prezentowana figura mogłaby być wykorzystana jako narzędzie ręczne do cięcia/tłuczenia czy raczej jako przyrząd pomocy do opierania się/odpoczynku). Wyniki ujawniły istotne statystycznie różnice pomiędzy poziomem trafnych rozpoznań (czy jest to znana, czy nieznana figura?) a kierunkiem rotacji. Jeśli figura była w teście rozpoznawana w tym samym kierunku, co podczas pierwszej prezentacji, osoby znacznie częściej trafniej ją rozpoznawały. Rotacja w przeciwnym kierunku mocno utrudniała badanym rozpoznanie. Znaczenie ruchu dla rozpoznawania przedmiotów okazało się więc bardzo istotne. Analogiczne badania przeprowadził również Stone (1999), uzyskując identyczne wyniki. Użył on obiektów, prezentowanych w dwóch wymiarach.

SYNTEZA WYOBRAŻENIOWA JAKO PRZYKŁAD OPERACJI ZMIENIAJĄCEJ STRUKTURĘ OBIEKTU

Synteza to proces łączenia elementów, przynoszący w efekcie zespoloną, zintegrowaną, zorganizowaną, ujednoliczoną całość. Powstająca całość ma właściwości lub cechy będące wynikiem syntezy, niekoniecznie dające się wyprowadzić z analizy poszczególnych elementów (Reber, 2002, s. 727). Regularnych badań nad syntezą podjął się Finke (1990), który wykazał, że dzięki niej można otrzymać ciekawe obiekty o cechach nowości, a synteza jako operacja pełni kluczową rolę w procesie twórczym. Osobom badanym przedstawiał trzy figury i polecał połączyć je w taki sposób, aby powstało coś interesującego i użytecznego. Osoby mogły swobodnie rotować figury i zmieniać ich wielkość, nie mogły natomiast wprowadzać żadnych zmian w kształcie obiektu. Już po upływie minuty badani musieli zinterpretować swoje rysunki według wskazanej kategorii, np. mebla, zabawki, przyrządu medycznego. Okazało się, że 90% badanych utworzyło wzorzec wizualny, uznany przez sędziów kompetentnych za rozpoznawalny, a 1/3 badanych utworzyła co najmniej jeden obiekt, oceniony jako twórczy (por. Nęcka, 2001). Finke (1985, 1990) prowadził badania, wykorzystując różnorodne obiekty: linie, figury geometryczne i znaki alfanumeryczne. Manipulował także treścią instrukcji oraz przede wszystkim czasem prezentacji badanemu kategorii interpretacyjnej.

Regularnych badań nad syntezą podjęli się także Glushko i Cooper (1978), dowodząc, że ilość elementów poddanych syntezie wpływa na czas operacji. Im więcej elementów badany musi połączyć, tym bardziej czas, w jakim dokonuje tej transformacji, wydłuża się.

W wymienionych powyżej eksperymentach nie manipulowano wielkością obiektów.

WIELKOŚĆ SIATKÓWKOWA

Według hipotezy stanowiącej oś referowanych badań, na przebieg wymienionych operacji wyobrażeniowych ma wpływ wielkość siatkówkowa. Obrazy na siatkówce rzutowane są w dwóch wymiarach, choć człowiek porusza się w świecie trójwymiarowym. Postrzeganie dystansu jest skomplikowanym procesem. Mózg posługuje się różnymi rodzajami wskazówek, korzystając m.in. z informacji płynących z różnic siatkówkowych. Gdy obraz pada na siatkówkę oka, dochodzi do skrzyżowania informacji pochodzących z obu oczu i określenia kształtu

i odległości obiektu. Przedmioty znajdujące się obok/przed/za obiektem, na którym jest koncentrowany wzrok, również są rzutowane na siatkówkę. Istnieją minimalne różnice w obrazach rzutowanych na dwoje oczu, wykorzystywane do określania odległości lub głębi – mózg określa, jak względem siebie są usytuowane przedmioty (za/przed) (Kosslyn i Rosenberg, 2006). Inną wskazówką jest okluzja (zwana też interpozycją). Jeśli jeden przedmiot zakrywa drugi, jest to sygnał, że obiekt zakryty jest bardziej oddalony (por. Janowski, 2007).

Percepcja wielkości odbywa się w znacznie prostszy sposób aniżeli percepcja odległości. Proces spostrzegania pozwala na bardzo dokładne określenie wielkości, trafne spostrzeżenie, że dany obiekt ma 5 cm albo 1 metr. Człowiek nie jest jednak w stanie określić wielkości absolutnej przedmiotu. Wydaje się, że system wzrokowy koduje informacje jedynie na temat względnych relacji pomiędzy wielkością przedmiotów, a samo kodowanie ma charakter allocentryczny, czyli odbywa się w odniesieniu do innych obiektów, a nie podmiotu (Milner i Goodale, 2006; Króliczak, 1999). Może prowadzić to do różnych złudzeń. Obiekt usytuowany w różnych kontekstach jest postrzegany jako obiekt o różnych wielkościach (por. znana iluzja Ebbinghausa).

Dane o relacjach przestrzennych są przetwarzane w systemie wzrokowym zwanym grzbietowym; w przeciwieństwie do danych typu kształt, kolor czy faktura, przetwarzanych w systemie wzrokowym brzuszny. Dzięki analizie informacji o przestrzeni dochodzi do „sparametryzowania zachowania motorycznego obserwatora [...]. System grzbietowy zajmuje się zatem analizą tak zwanej przestrzeni egocentrycznej obserwatora, której metryka nie jest zrelatywizowana do zakresów funkcjonowania systemu percepcyjnego, ale jest absolutna [...] [w innym razie] obserwator miałby poważne trudności z wykonaniem jakiegokolwiek precyzyjnego ruchu w odniesieniu do przedmiotów, które najczęściej są widziane w różnych skrótach perspektywicznych” (Francuz, 2007, s. 158; zob. też Króliczak i in., 2006).

WPLYW WIELKOŚCI SIATKÓWKOWEJ NA PRZEBIEG OPERACJI MENTALNYCH

W swoim eksperymencie – analogicznym do badań nad rotacją Cooper i Sheparda (1973) pod względem głównych elementów procedury i wykorzystanych figur – Nakata i Suzuki (1988) prezentowali badanym figury w trzech rozmiarach, w trzech odległościach, trzech stopniach rotacji oraz dwóch warunkach oświetleniowych (ciemniej, jaśniej). Dla badaczy interesujący był nie tylko

fizyczny rozmiar obiektów prezentowanych na slajdzie, ale także obraz na siatkówce oka. Eksperymentatorom zależało, aby rozmiar obiektu na siatkówce oka przybierał trzy wielkości: małe, średnie, duże. Uzyskiwano go, manipulując faktycznym rozmiarem figur i dystansem od slajdu. Badania Nakata i Suzuki (1988) wykazały brak związków pomiędzy czasem reakcji a odległością, oświetleniem i wielkością obiektu. Ani oświetlenie, ani dystans, ani też fizyczna wielkość obiektów nie miały znaczenia dla mentalnej rotacji. Stwierdzono natomiast wzrost błędów wraz ze wzrostem kąta obrotu (analogicznie jak w eksperymentach, jakie przeprowadzili Cooper i Shepard, 1973). Uzyskano także zależność czasów reakcji od rozmiaru obiektu na siatkówce oka. Czasy reakcji były dłuższe (o 100 do 200 ms) dla małych figur w porównaniu z figurami średnimi i dużymi.

Brak znaczenia wielkości fizycznej obiektu w transformacji mentalnej potwierdziły badania Bundesen i Larsen (1975) oraz Kubovy i Podgorny (1981).

Wyniki powyższych badań pozostają w sprzeczności z rezultatami uzyskanymi przez Schwartza (cytowanego przez Kosslyna bez podania źródła, 1980). Wykazał on znaczenie realnej wielkości obiektu w mentalnej rotacji. Sugerował ponadto, że rolę może odgrywać również „wielkość siatkówkowa” obiektu, przewidując hipotetycznie, że im większy obiekt, tym czas reakcji powinien być dłuższy.

Wiele danych wskazuje na analogiczność procesów zachodzących w świecie fizycznym i mentalnym (Mostowski, 1974; Finke, 1985; Nowak, 1991; Kosslyn, 1995). Im większa odległość pomiędzy obiektami w świecie realnym, tym dłużej trwa przenoszenie uwagi z jednego obiektu na drugi w świecie mentalnym, a im mniejsze obiekty, tym trudniej badanym odpowiedzieć na pytania dotyczące szczegółów budowy owych obiektów (Kosslyn, 1995). Jeśli transformacje na małych obiektach trwają dłużej, a ponadto odległość podmiotu od obiektu wpływa na wydłużenie reakcji, to można się spodziewać, że czasy reakcji będą wzrastały przy małych wielkościach siatkówkowych (uzyskiwanych przykładowo przy obiekcie 5 cm, wyświetlanym w odległości 90 cm) niż przy dużych wielkościach siatkówkowych (uzyskiwanych przykładowo przy obiekcie 15 cm, wyświetlanym z odległości 30 cm).

Pytanie badawcze, które stanowiło inspirację to referowanych badań, brzmi: Czy na sprawność dokonywania operacji wyobrazeniowych ma wpływ wielkość siatkówkowa obiektu? Badania koncentrowały się nie tylko na efektywności operacji rotacji, ale także na operacji syntezy, która budzi dużo mniejsze zainteresowanie badaczy. Wytoczono sobie także cel – skonstruowanie eksperymentu odnoszącego się do operacji wyobrazeniowej symultanicznej. Głównym przedmiotem badań miała być wielkość siatkówkowa, z tej racji, że jej wpływ na

przebieg operacji wyobrażeniowych był w literaturze opisywany w sposób niejednoznaczny.

Weryfikowano eksperymentalnie hipotezy badawcze głoszące, że:

H 1: Rotacja wyobrażeniowa obiektów o większej wielkości siatkówkowej będzie dokonywana szybciej i poprawniej niż obiektów o mniejszej wielkości siatkówkowej.

H 2: Synteza wyobrażeniowa obiektów o większej wielkości siatkówkowej będzie dokonywana szybciej i poprawniej niż obiektów o mniejszej wielkości siatkówkowej.

H 3: Symultaniczna operacja wyobrażeniowa obiektów o większej wielkości siatkówkowej będzie dokonywana szybciej i poprawniej niż obiektów o mniejszej wielkości siatkówkowej. Dodatkowo spodziewano się, że dystans i wielkość obiektów mają wpływ na przebieg wszystkich trzech wymienionych powyżej operacji.

METODA BADAŃ WŁASNYCH

Osoby badane

W badaniach wzięły udział 182 osoby. Grupy badawcze były zrównoważone pod względem wykształcenia i wieku (studenci, w wieku 20-24 lata). Jedną trzecią badanych stanowili mężczyźni. Dobierając próbkę pod względem płci, wykorzystano prawo tworzenia grup o liczebnościach będących swoimi wielokrotnościami. Z badań wykluczono osoby z nie korygowaną wadą wzroku, jako że problemy z widzeniem mogły stanowić ważną zmienną uboczną.

Materiały

W eksperymencie dotyczącym rotacji mentalnej wykorzystano pięć obiektów. Każdy był prezentowany w trzech kątach rotacji (0, 90, 180, 270 stopni) i pojawiał się zarówno w lustrzanym odbiciu, jak i bez inwersji. Łącznie badany miał do wykonania 30 zadań.

W eksperymencie dotyczącym syntezy mentalnej przygotowano 14 obiektów, które losowo były prezentowane seriami po trzy. Badany wykonywał w sumie 15 zadań. W badaniach pilotażowych było to 20 zadań, ale formuła ta okazała się zbyt wyczerpująca dla badanych przy tak angażującym i czasochłonnym zadaniu.

W eksperymencie dotyczącym operacji złożenia wykorzystano sześć par obiektów. Każda była łączona na trzy sposoby: góra, dół, bokami oraz rotowana na trzy sposoby: 90, 180 albo 270 stopni. Łącznie badany wykonywał 18 zadań. Przygotowano 18 bodźców do oceny, w tym dziewięć poprawnych i dziewięć błędnych. Poprzez „błąd” rozumie się zarówno błąd rotacji (obrót o inną liczbę stopni niż w wizualnej instrukcji), jak i błąd złożenia (inne połączenie elementów niż w wizualnej instrukcji).

Badanie zostało zaprojektowane w oprogramowaniu Affect 4.0, dedykowanemu pomiarom psychologicznym i psychofizjologicznym. Prezentowane obiekty miały jasny kolor i były prezentowane na szarym tle, aby uniknąć efektu wysokiego kontrastu, męczącego oczy (biel-czerń). Każdy uczestnik eksperymentu otrzymał także papier i ołówki.

PROCEDURA

EKSPERYMENT I

Procedura zaproponowana w eksperymencie pierwszym w bezpośredni sposób nawiązuje do metodologii badań Sheparda, Metzlera i Cooper (Cooper i Shepard, 1973; Cooper, 1975; Shepard i Metzler, 1971).

I. Na ekranie pojawia się instrukcja wraz z przykładami. Następnie zadanie próbne.

II. Na ekranie, w kontrolowanych warunkach czasowych, przestrzennych, oświetleniowych, zostaje eksponowany punkt fiksacji (1 s), a następnie obraz dwuwymiarowego wieloboku. Badany ogląda go tyle czasu, ile potrzebuje (rys. 1)

III. Rysunek znika, następuje przerwa o kontrolowanej długości (3 s) – maska, znosząca powidok.

IV. Na ekranie pojawia się wielobok poddany rotacji (czyli obrócony o określoną liczbę stopni) lub rotacji i inwersji (czyli dodatkowo w lustrzanym odbiciu). Jest to obiekt będący podstawą do oceny i decyzji.

V. Badany decyduje, czy wtórny obiekt jest wyłącznie zrotowanym pierwszym, czy lustrzanym odbiciem i rotacją?

VI. Mierzony jest czas reakcji badanego (czas decyzji) oraz poprawność odpowiedzi.

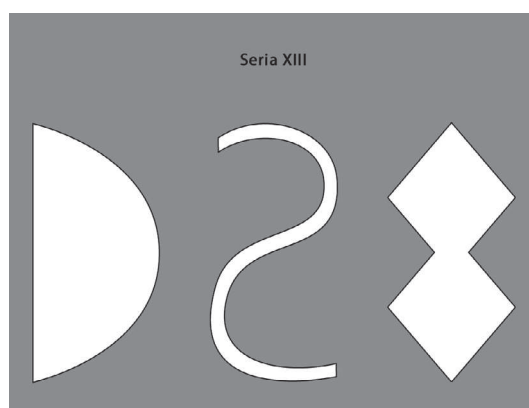


Rysunek 1. Przykładowy obiekt wykorzystany w eksperymencie rotacji.

EKSPERYMENT II

Procedura badań w eksperymencie drugim powstała z inspiracji badaniami Finke (1985, 1990). Rezygnacja z tworzenia obiektów na komputerze była powodowana nie tylko koniecznością wykluczenia wpływu biegłości w rysowaniu za pomocą komputerowych programów graficznych. W wersji komputerowej badani dokonywali przekształceń, manipulując obiektami na ekranie. W wersji papierowej badany jest zmuszony do wykonania wielu operacji w wyobraźni.

1. Na ekranie pojawia się instrukcja oraz zadanie próbne, nie uwzględniane w późniejszych analizach.
2. Na ekranie pojawiają się trzy obiekty z puli przygotowanych bodźców (Rys. 2).



Rysunek 2. Przykładowe obiekty wykorzystane w eksperymencie syntezy.

3. Badany tworzy z nich użyteczny i rozpoznawalny przedmiot. Osoba ma do dyspozycji ołówki i papier. Po zakończeniu zadania naciska klawisz. Program komputerowy oblicza czas od zaprezentowania bodźców do momentu wciśnięcia klawisza. Badany podejmuje kolejne analogiczne zadanie.

4. Przedmioty są oceniane przez sędziów kompetentnych, którzy określają, czy stworzony obiekt jest rozpoznawalny i czy jest oryginalny (oryginalność subiektywna). Ponadto na podstawie wskaźnika frekwencyjnego określa się tzw. oryginalność obiektywną.

EKSPERYMENT III

W eksperymencie zaproponowano własny schemat badań nad operacją złożenia.

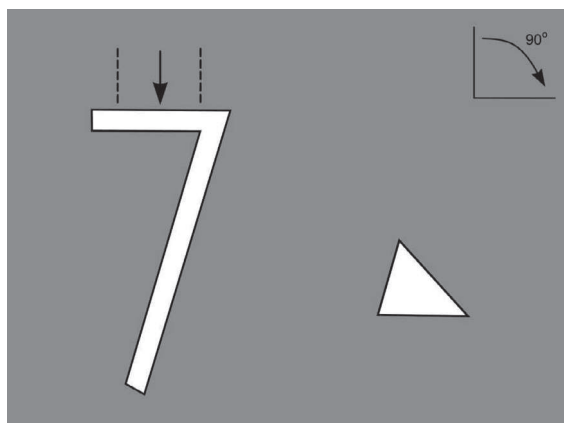
1. Na ekranie pojawia się instrukcja z przykładami. Pierwsze zadania próbne nie są uwzględniane w analizie wyników (Rys. 3).

2. Na ekranie pojawiają się dwa obiekty oraz wizualna instrukcja, w jaki sposób je połączyć, a także o ile stopni należy rotować powstały w wyniku syntezy nowy obiekt. Badany dokonuje syntezy i rotacji bez limitów czasowych.

3. Po 2-sekundowej masce na ekranie pojawia się poprawne lub błędne rozwiązanie.

4. Badany decyduje, czy prezentowany obiekt jest tym samym, który uzyskał w wyniku samodzielnych przekształceń dokonanych według instrukcji.

5. Program mierzy zarówno czas przekształcenia (jednoczesnej syntezy i rotacji), jak i czas decyzji.



Rysunek 3. Przykładowe obiekty wykorzystane w eksperymencie dotyczącym operacji symultanicznych w wyobraźni.

Zmiennymi niezależnymi, różnicującymi grupy eksperymentalne w ramach pomiaru każdej z omawianych operacji wyobrażeniowych, była wielkość siatkówkowa prezentowanych bodźców, z uwzględnieniem wielkości fizycznej prezentowanych obiektów oraz dystansu badanych od obiektu. Wielkość kątowna obiektu (czyli kąt widzenia), określona w radianach, jest praktycznie równa tangensowi kąta, a więc wolno stosować przybliżenie wyrażone wzorem: $\omega \approx tg \omega = H/Z$. Wielkość siatkówkową możemy obliczyć także z proporcji wynikającej z powyższego wzoru $H/Z = H1/Z1$, gdzie przyjmujemy, że typowa gałka oczna ma długość $e = 24$ mm, a punkt węzłowy leży 7 mm od rogówki. Odległość od punktu węzłowego do siatkówki wynosi więc: $z' = 24 - 7 = 17$ mm. Przyjęto dwie wielkości fizyczne obiektów: 5 cm i 15 cm. Bodźce prezentowano z dwóch dystansów: 30 cm i 90 cm. Uzyskano zatem trzy wielkości siatkówkowe obiektów: $H' = 0,85^\circ$ (15;30), $H' = 0,28^\circ$ (15;90), $H' = 0,28^\circ$ (5;30), $H' = 0,09^\circ$ (5;90).

WYNIKI BADAŃ

Wpływ wielkości siatkówkowej na efektywność rotacji wyobrażeniowej

W celu testowania hipotez została przeprowadzona analiza wariancji dla grup niezależnych ANOVA (2 x 2), w której czynnikami grupującymi były wielkość (5 cm i 15 cm) i dystans (30 cm i 90 cm) oraz jednoczynnikowa analiza wariancji, w której czynnikiem grupującym była wielkość siatkówkowa ($H' = 0,85^\circ$; $H' = 0,28^\circ$; $H' = 0,09^\circ$). Uwzględniono takie zmienne zależne, jak czas reakcji oraz poprawność odpowiedzi.

Wykazano istotne różnice statystyczne – $F(1, 179) = 4,268$; $p < 0,05$ – wskazujące na wpływ dystansu na czasy reakcji w zadaniach rotacyjnych. Stwierdzono, że w zadaniach rotacji, im większy dystans dzieli badanego od obiektu, tym dłużej dokonuje on na nim operacji wyobrażeniowej. We wszystkich zadaniach ujawnił się taki sam kierunek zależności. Dla wszystkich przypadków został spełniony warunek jednorodności wariancji. Wykazano istotny statystycznie – $F(1, 179) = 2,048$; $p < 0,05$ – wpływ interakcji wielkości fizycznej obiektu oraz dystansu na czasy reakcji. Natomiast nie ujawniono wpływu wielkości fizycznej na przebieg rotacji.

Potwierdzono hipotezę o wpływie wielkości siatkówkowej na czasy reakcji w zadaniach rotacyjnych – $F(1, 179) = 1,573$; $p < 0,05$. Ujawniona wcześniej in-

terakcja pomiędzy dystansem a wielkością fizyczną może dodatkowo wzmocnić tę hipotezę.

W testach *post-hoc* wykazano, że za istotne różnice są odpowiedzialne przede wszystkim różnice pomiędzy grupami eksperymentalnymi 1 i 3. Są to grupy eksperymentalne, w których stosowano bodźce o tej samej wielkości, ale o różnym dystansie. Im większy dystans dzielił badanego od bodźca, tym dłuższe były czasy reakcji, oraz im wielkość siatkówkowa obiektu mniejsza, tym czasy reakcji dłuższe.

Wpływ wielkości siatkówkowej na przebieg operacji symultanicznych

W teście ANOVA, w którym czynnikami grupującymi była wielkość (5 cm i 15 cm) i dystans (30 cm i 90 cm), uwzględniono pomiar: a) poprawności odpowiedzi; b) czasów dokonywania złożenia; c) czasu reakcji przy udzielaniu odpowiedzi, czy wyświetlany obiekt jest obiektem powstałym w rezultacie prawidłowego złożenia. Przeprowadzono także jednoczynnikową analizę wariancji, w której czynnikiem grupującym była wielkość siatkówkowa ($H' = 0,85^\circ$; $H' = 0,28^\circ$; $H' = 0,09^\circ$). Wykazano istotny wpływ interakcji dystansu i wielkości na czasy reakcji (ocena prawidłowego złożenia) w zadaniach symultanicznych: $F(1, 179) = 2,511$; $p < 0,001$. W części zadań ujawnił się także wpływ wyłącznie dystansu. Zależność miała kierunek analogiczny jak w przypadku operacji rotacji: im większy dystans dzieli badanego od obiektu, tym dłużej dokonuje on na nim operacji wyobrazeniowej.

Nie udowodniono wpływu wielkości fizycznej obiektów, a także wpływu wielkości siatkówkowej na przebieg operacji symultanicznej.

Wpływ wielkości siatkówkowej na przebieg syntezy wyobrazeniowej

Uzyskane dane poddano analizie wariancji ANOVA (2 x 2), w której czynnikiem grupującym były wielkość (5 cm i 15 cm) i dystans (30 cm i 90 cm). Uwzględniono takie zmienne zależne, jak: czas wykonania zadania, ilość tworzonych rozpoznawalnych obiektów, oryginalność subiektywna wytworu (ocena dokonana przez sędziów kompetentnych) oraz oryginalność obiektywna wytworu (ocena dokonana na podstawie wskaźnika frekwencyjnego częstotliwości występowania). Wykazano zależność pomiędzy dystansem a ilością tworzenia rozpoznawalnych obiektów w wyniku syntezy mentalnej ($F(1, 179) = 6,363$; $p < 0,05$).

Okazuje się, że im większy dystans, tym ilość tworzonych rozpoznawalnych obiektów jest mniejsza. Ujawniono także tendencję: im większe są obiekty, tym szybciej badani dokonywali syntezy.

Wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji, w której czynnikiem grupującym była wielkość siatkówkowa, nie potwierdziły hipotezy o jej wpływie na przebieg operacji syntezy.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Referowane badania własne potwierdziły wpływ wielkości siatkówkowej wyłącznie na przebieg rotacji wyobraźniowej: im mniejsza wielkość siatkówkowa obiektu, tym bardziej się wydłużały czasy reakcji w zadaniach rotacyjnych. Interesującym rezultatem okazało się ujawnienie wpływu dystansu na przebieg operacji wyobraźniowych. W rotacji mentalnej czasy reakcji wzrastały wraz z dystansem. W operacji symultanicznej (rotacja + synteza) pojawiała się identyczna zależność. W syntezie wyobraźniowej im większy dystans dzielił badanego od ekranu, tym trudniej było mu tworzyć prawidłowe, rozpoznawalne wytwory. Przy czym maksymalny, wykorzystany w badaniu dystans wynosił 90 cm i umożliwiał badanym swobodne dostrzeganie wyświetlanych obiektów.

Przedstawione zależności można wspólnie zinterpretować w świetle wiedzy zebranej w literaturze na temat izomorfizmu oraz współczesnych strukturalnych teorii wyobraźni. Izomorfizm (gr. *isos* – równy, *morphe* – kształt) struktur to **funkcja wzajemnie jednoznaczna** z uniwersum struktury A w uniwersum struktury B, która zachowuje funkcje, relacje i wyróżnione elementy (Mostowski, 1974). Elementy świata wyobraźniowego odpowiadają elementom świata fizycznego. Odwołując się do tej koncepcji można spodziewać się, że: (1) obiekty dalsze mogą być trudniej poddawane operacjom wyobraźniowym, ponieważ nie można ich dotknąć, chwycić dłonią i obracać; (2) obiekt o wymiarach 15 cm łatwiej obracać w dłoni i dokonywać na nim transformacji wyobraźniowych niż obiekcie małym, 5-centymetrowym. Przeciętna długość ludzkiej dłoni to około 16-18 cm, więc obiekt o długości 15 cm bardzo dobrze chwyta się dłonią. Wydaje się, że transformacja w wyobraźni podlega podobnym zasadom, co transformacja manualna. Teorie strukturalne wyobraźni głoszą, że obrazy mentalne mają takie same właściwości, jak rzeczywiste obiekty fizyczne (Finke, 1985). Mają one głębię, kolory, wymiary, potrafią zmieniać się w przestrzeni. Kwiat wyobrażany może mieć takie same kolory i przechodzić przez takie same zmiany, jak roślina spostrzegana, na przykład zgubić płatki i zająć tym samym inną prze-

strzeń. Łatwość manipulowania obiektem w świecie fizycznym może tym samym odpowiadać łatwości, z jaką dokonuje się transformacji na obiekcie wyobrażonym.

Rezultaty referowanych badań wpisują się w nurt eksperymentów, które potwierdzają znaczenie schematu ciała i wskazówek sensomotorycznych dla przebiegu operacji wyobrażeniowych (Janczyk i in., 2012; Falconer i Mast, 2012).

Analizując możliwe alternatywy w procedurze eksperymentalnej, warto podjąć kwestię różnicy między poziomami zmiennych niezależnych. Czy jej zwiększenie lub zmniejszenie może zintensyfikować wpływ pomiędzy zmiennymi? W prezentowanych badaniach zastosowano obiekty o wielkości 5 i 15 cm oraz dystanse 30 i 90 cm. Różnice między wielkością małą i dużą oraz dystansem małym i dużym różnią się między sobą aż 3-krotnie. Niewykluczone jednak, że są niewystarczające, a wpływ zmiennych jest większy niż wykazano. Zasadne wydaje się wykorzystanie w eksperymencie obiektów o wielkości na przykład 5 cm oraz 90 cm. Wówczas obiekt mały miałby wielkość odpowiadającą temu, by zamknąć go w dłoni. Natomiast obiekt duży (90 cm, opisując go na okręgu), wymykałby się tej manualnej kontroli. Badanemu „wydawałoby” się, że może go obracać lub przesuwać w wyobraźni nie jedną, lecz dwoma rękami. Jeśli założymy, że świat wyobrażeniowy ma swoje odniesienie w świecie realnym, wprowadzenie nowych wartości jako poziomów zmiennej niezależnej mogłoby mieć istotny wpływ na przebieg eksperymentów. Modyfikacja procedury w omawianym kierunku wymagałaby wyświetlania obiektów na ścianie, nie pozwalałoby zaś na korzystanie bezpośrednio z komputerów.

Analogicznie argumentując, można zaproponować nowe wartości dystansu. Chociaż między 30 i 90 cm występuje 3-krotna różnica, to ekran oddalony od badanego o 30 lub 90 cm nadal pozostaje w zasięgu ręki badanego. Być może zasadne byłoby wykorzystanie w badaniu większego dystansu, np. 2 metrów. W takim jednak wypadku powstaje problem widoczności prezentowanych obiektów. Dostrzeżenie małych obiektów z odległości dwóch metrów może przekraczać możliwości percepcyjne wielu osób.

LITERATURA CYTOWANA

- Biedermann, I. (1987). Recognition by components. A theory of human imagery understanding. *Psychological Review*, 94, 115-147.
- Bundesden, C. i Larsen, A. (1975). Visual transformation of see. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 3, 214-220.
- Cooper, L. A. (1975). Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive Psychology*, 7, 20-43.
- Cooper, L. A. i Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. W: W. Chase (red.), *Visual information processing* (s. 75-176). New York: Academic Press.
- Falconer, C. i Mast, F. W. (2012). Balancing the mind: Vestibular induced facilitation of egocentric mental transformations. *Experimental Psychology*, 59(6), 332-339.
- Finke, R. A. (1985). Theories relating mental imagery to perception. *Psychological Bulletin*, 98(2), 236-259.
- Finke, R. A. (1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Hillsdale: Erlbaum.
- Francuz, P. (2007). Teoria wyobraźni Stephana Kosslyna. Próba reinterpretacji. W: P. Francuz (red.), *Obrazy w umyśle* (s. 149-185). Warszawa: Scholar.
- Francuz, P., Oleś, M. i Chumak, M. (2008). Umysłowa rotacja obiektów semantycznych i asemantycznych umieszczonych w naturalnym kontekście. *Przegląd Psychologiczny*, 51(2), 235-260.
- Glover, S. i Dixon, P. (2013). Context and Vision effects on real and imagined actions: Support for the common representation hypothesis of motor imagery. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, online doi: 10.1037/a0031276.
- Glushko, R. J. i Cooper, L. A. (1978). Spatial comprehension and comparison processes in verification tasks, *Cognitive Psychology*, 10, 391-421.
- Hadamard, J. (1964). *Psychologia odkryć matematycznych*. Warszawa: PWN.
- Janczyk, M., Pfister, R., Crognale, M. i Kunde, W. (2012). Effective rotations: Action effects determine the interplay of mental and manual rotations. *Journal of Experimental Psychology*, 141(3), 489-501.
- Janowski, J. (2007). Przedstawienia wyobrażonej przestrzeni na obrazach. W: P. Francuz (red.), *Obrazy w umyśle* (s. 63-109). Warszawa: Scholar.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kosslyn, S. M. (1995²). Mental imagery. W: S. M. Kosslyn i D. N. Osherson (red.), *Visual cognition* (s. 267-297). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kosslyn, S. M. i Rosenberg, R. (2006). *Mózg – człowiek – świat*. Kraków: Wydawnictwo Znak.
- Kosslyn, S. M. i Stephen, M. (2005). Mental images and the brain. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3/4), 333-347.
- Króliczak, G. (www). *Czy iluzje zwodzą jedynie „oko”, ale już nie rękę?*, <http://www.kognitywistyka.net> (dostęp: 2006).
- Króliczak, G. (1999). Dwa mózgi wzrokowe: percepcja a wzrokowa kontrola działania. *Kognitywistyka i Media w Edukacji*, 2, 199-224.
- Króliczak, G., Heard, P., Goodale, M. i Gregory, L. (2006). Dissociation of perception and action unmasked by the follow-face illusion. *Brain Research*, 1080, 9-16.
- Kubovy, M. i Podgorny, P. (1981). Does pattern matching require the normalization of size and orientation? *Perception & Psychophysics*, 30, 24-28.
- Lawson, R. (2009). A comparison of the effects of depths rotation on visual and haptic three-dimensional object recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 911-930.

- Lubart, T. I. i Sternberg, R. J. (1995). An investment approach to creativity: Theory and data. W: S. M. Smith, T. B. Ward i R. A. Finke (red.), *The creative cognition approach* (s. 269-302). Cambridge, MA: MIT Press.
- Maruszewski, T. (1992). Model zależności umysł – zadanie w procesach twórczych. W: Cz. Nosal (red.), *Twórcze przetwarzanie informacji* (s. 26-42). Wrocław: DELTA.
- Milner, A. D. i Goodale, M. A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Milner, A. D. i Goodale, M. A. (2006). One brain – two visual systems. *The Psychologist*, 19(11), 360-363.
- Mostowski, A. (1974⁷). *Elementy algebry wyższej*. Warszawa: PWN.
- Nakata, Y. i Suzuki, K. (1988). Does the size of figures affect the rate of mental rotation? *Perception & Psychophys*, 44(1), 76-80.
- Nęcka, E. (2001). *Psychologia twórczości*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Nęcka, E. i Sowa, J. (2005). *Człowiek – umysł – maszyna. Rozmowy o twórczości i inteligencji*. Kraków: Znak.
- Nowak, A. (1986). Wyobrażeniowe przetwarzanie informacji. Przegląd badań i teorii. *Przegląd Psychologiczny*, 29(3), 673-703.
- Nowak, A. (1991). *Wyobrażeniowe mechanizmy przetwarzania informacji: myślenie przestrzenne*. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich–Wydawnictwo PAN.
- Paivio, A. (1978). The relationship between verbal and perceptual codes. W: E. C. Carrette i M. P. Fiedman (red.), *Handbook of perception. Perceptual coding* (rozdz. 8). New York: Academic Press.
- Pylyshyn, Z. W. (1979). The rate of mental rotation of images: A test of a holistic analogue hypothesis. *Memory and Cognition*, 7, 19-28.
- Reber, A. (2002). *Słownik psychologii*. Warszawa: Scholar.
- Sadoski, M. i Paivio, A. (2001). *Imagery and text. A dual coding theory of reading and writing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shepard, R. N. i Cooper, L. A. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shepard, R. N. i Metzler, J. (1971). Mental rotations of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Sternberg, R. J. (2001). *Psychologia poznawcza*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Stone, J. V. (1999). Object recognition: View-specificity and motion-specificity. *Vision Research*, 39, 4032-4044.
- Suzuki, K. i Nakata, Y. (1988). Does the size of figures affect the rate of mental rotation? *Perception & Psychophys*, 44(1), 76-80.
- Taosheng, L. i Cooper, L. A. (2003). Explicit and implicit memory for rotating objects. *Journal of Experimental Psychology / Learning, Memory & Cognition*, 29(4), 554-562.
- Tomaszewski, T. (1992). *Psychologia ogólna*. Warszawa: PWN
- Tużnik, P. i Francuz, P. (2012). Wpływ złożoności i wymiarowości obiektów na efektywność wykonania rotacji umysłowej. *Polski Przegląd Medycyny i Psychologii Lotniczej*, 2(18), 87-108.