

Efektywność widzenia przy zablokowanej strefie operacyjnej siatkówki*

Jan Młodkowski**

Instytut Psychologii Uniwersytetu Łódzkiego

THE EFFECTIVENESS OF VISION
DURING THE BLOCKAGE OF OPERATIONAL AREA OF RETINA

Abstract. The source of the research problem was criticism commonly addressed at Craik & Lockhart's theory regarding a lack of indications of processing depth. The global hypothesis assumes that only the information provided through the retinal operational sphere (within the macula lutea) can be transformed into a symbolic or semantic code and be later processed in accordance with the specific possibilities of these codes. By contrast, the information provided with a picture code is subject to attempts of finding a solution in this form. If this proves unsuccessful, owing to saccade eye movements, the information is dislocated into the operational area and there becomes subject to available transformations. The verification had an empirical character. It consisted in solving tasks with predominating operations in one of the three codes, under the control of the full retinal picture or only the peripheral sphere. The study was conducted on 20 volunteers, students of different faculties, with fully healthy vision. Twenty tasks were prepared involving an originally constructed "clock face". Their validity was evaluated analogically to tasks from psychometric tests. The projection of the task onto the retinal peripheral area was achieved through a real time dynamic blockage of the central sphere of the visual field. The correctness of the solution, time spent on solving the tasks, eye trajectory and spontaneous comments were all recorded. Forty-two percent of the expected raw scores were obtained. Out of mean scores on 18 tasks, only in four cases $p < 0.05$. In spite of the lack of the full confirmation, the hypothesis still deserves attention.

* Artykuł zawiera fragmenty publikacji *Obraz w obrazie – rola centrum i peryferii w procesie widzenia*, przygotowanej w ramach grantu KBN 1 H01F 024 18 „Zależność formy i głębokości kodowania od strefy wprowadzenia sygnału na siatkówce”.

** Adres do korespondencji: Instytut Psychologii UŁ, ul. Smugowa 10/12, 91-433 Łódź.

TEORETYCZNA REKONSTRUKCJA PROBLEMU

Od dawna rozróżnia się dwa mechanizmy widzenia, które wprawdzie mają odmienne właściwości, ale skutecznie uzupełniają się wzajemnie w zintegrowanym procesie percepcyjnym. Podkreśla się aspekt przestrzenny tej dychotomii, dzieląc widzenie na centralne i peryferyjne, bądź też aspekt energetyczny, rozwarstwiając widzenie na fotopowe i skotopowe.

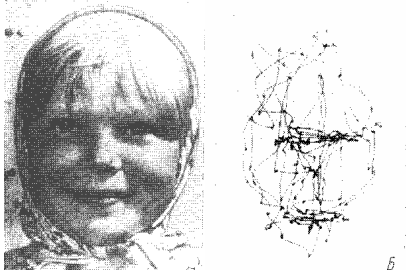
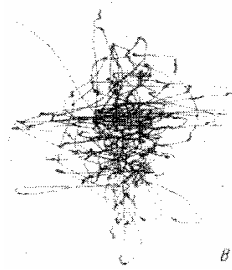
Obraz optyczny na siatkówce, zgodnie z jej właściwościami, zostaje rozgraniczony między dwie strefy: niewielką centralną i otaczającą ją pierścieniowo, wielokrotnie większą strefę peryferyjną. Poglądy na granicę między strefami, ustalane na podstawie danych histologicznych, nie są jednolite, a źródła najczęściej wskazują na okrąg o promieniu $45\text{--}60^\circ$, tworzący granice dołka centralnego.

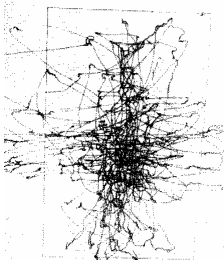
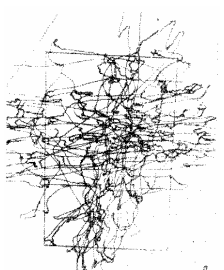
Na powierzchni wewnątrz okręgu warunki anatomiczne i optyczne pozwalają na powstawanie obrazu o maksymalnej rozdzielczości optycznej, uznawanej za standard ostrości widzenia. Stanowi to podstawową właściwość strefy centralnej. Natomiast zasadniczą funkcją strefy peryferyjnej jest wykrywanie (detekcja) i ustalanie lokalizacji obiektów w polu widzenia, które następnie staną się przedmiotami kolejnych fiksacji, czyli poprzez najbliższe ruchy skokowe oka zostaną wprowadzone w strefę widzenia centralnego. Na powierzchni pierścienia ostrość spada gwałtownie, wykładniczo w kierunku ekscentrycznym, natomiast odpowiednio wzrasta wrażliwość na przemieszczanie się obiektów, światło i kontrast krawędzi.

Obiekty w polu widzenia, które stają się przedmiotami fiksacji, mogą być autonomicznymi przedmiotami, ale mogą także być zaledwie dającymi się odróżnić optycznie szczegółami oglądanego obiektu. Tu tkwi różnica w genezie programu trajektorii ruchu oka. Jeśli percypowany obiekt jest nowy (nie ma reprezentacji w doświadczeniu podmiotu), to o planie trajektorii decydują właściwości szczegółów (czynniki koncentracji uwagi): natężenie, kontrast, ruch, paradoksalność itp. Wówczas program jest krótki, zawiera z reguły jedno ogniwo, ponieważ po jego realizacji parametry topograficzne pozostałych elementów w zasadzie zmieniają się. Natomiast w stosunku do obiektów znanych program trajektorii oparty jest na kryterium merytorycznym – hipotezie rozpoznania, która dyktuje rozmieszczenie kilku kolejnych fiksacji zgodnie z rozkładem punktów informatywnych na obrazowej postaci engramu zakwalifikowanego wstępnie do udziału w rozpoznawaniu. Jeśli na podstawie inicjującej fiksacji matryca pamięciowa została dobrana właściwie, oparty na niej program przejmuje sterowanie kolejnymi ruchami oczu, przynajmniej do momentu potwierdzenia trafności identyfikacji; na przykład, sztywny w naszej kulturze schemat rozpoznawania twarzy: oczy, usta, okolica nosa, podbródek, granica czoło/linia włosów – i ewentualnie powtórka cyklu.

Oprócz klasycznego podziału na strefę centralną i peryferyjną, istnieje jeszcze jedna granica wyodrębniająca kolistą obszar wokół punktu zerowego siatkówki (miejsce styku osi optycznej z siatkówką) o promieniu ok. 6° (względnie obwodu poziomej elipsy ze średnicami ok. $10 \times 16^\circ$). Ma ona funk-

cyjony charakter, a obraz powstający na tym polu ma nie mniej niż 2/3 maksymalnej ostrości centrum (standard). Wspomniana powierzchnia bywa nazywana strefą operacyjną. Lokalizacyjnie i wymiarowo pokrywa się z plamką żółtą, a jej ranga związana jest z osiąganą ostrością obrazu, wystarczającą dla wizualnego nadzoru zdecydowanej większości wykonywanych czynności. Wstępną orientację we właściwościach strefy operacyjnej siatkówki daje rysunek 1, w którym wykorzystane ilustracje pochodzą z pionierskich badań Jarbusa i Rožkovej (1977). Zastosowana metodyka polegała na zasłanianiu centralnej części siatkówki przez nakładane na podciśnieniową soczewkę kontaktową nieprzezroczystych przesłonek o różnej średnicy.

Średnica diafragmy	Rejestracja i opis (Rejestracje pochodzą od różnych osób badanych. Czas rejestracji – ok. 2 min. Wielkość kątowa demonstrowanej fotografii – nieustalona.)	
0°		Łatwo zauważalne pokrewieństwo homomorficzne upostaciowanych elementów obydwu obrazów poprzez zachowanie proporcji między odpowiadającymi sobie elementami.
0,5-1°	Spostrzeganie fotografii bez trudności i praktycznie bez zauważalnych różnic z wariantem braku przesłonki. Niewidoczne tylko najdrobniejsze szczegóły. Diafragma	
1,3-1,5°	Zauważalna nieostrość niektórych cech twarzy. Obserwator uświadamia sobie pewną niewygodę, ale nie potrafi jej zwerbalizować.	
2-3°	Nasila się nieostrość szczegółów, ale osoba jest rozpoznawalna niezawodnie na podstawie obrazu twarzy w całości. Badany odczuwa dyskomfort wywołany przez przesłonkę, ale nie potrafi zidentyfikować przyczyny. Zaczyna być zauważalny wpływ makroruchów oka na „plamę”, ponieważ moment jej przemieszczania ułatwia spostrzeganie obrazu. Ruchy wyraźnie się intensyfikują. Podczas fiksacji występuje niepewność w rozpoznawaniu.	
4-5°		Narasta nieostrość całego obrazu i pojawia się świadomość niewidzenia części środkowej. W dalszym ciągu nasila się amplituda i częstotliwość makroruchów. Liczba ruchów zwiększa się. Fiksacje rozłożone są głównie wokół dominujących wielkością elementów upostaciowanych wzoru.

7-8°	Rozpoznanie obiektu jako twarzy staje się trudne. Plama zaczyna być ciemna, zwłaszcza w środku, a jej obrzeża generują wrażenie nasilonej nieostrości.
10-11°	 Obserwator rozpoznaje obiekt jako twarz człowieka, ale nie jest w stanie podać żadnej charakterystyki. Granice obrazu są już niewidoczne. Zdecydowana większość fiksacji rozłożona jest w centrum obrazu, ale bez wyraźnego związku z elementami upostaciowanymi. Przy braku dostrzegalnych obiektów zaczepienia dla fiksacji ich rozkład na obrazie staje się chaotyczny.
14-15°	 Osoba badana zamiast fotografii widzi plamę o niejednolitej jasności. Występujące fiksacje nie mają związku z elementami upostaciowanymi. Dominują ruchy poziome o bardzo dużej amplitudzie, ograniczane szerokością sceny, na którą rozszerza się chaotyczny rozkład fiksacji.

Rysunek 1. Charakterystyka modyfikacji aktywności na podstawie obserwacji i relacji osób badanych, z przykładami zapisów okulograficznych (z badań Jarbusa i Rożkovej) przy różnych średnicach przesłoniętego widzenia centralnego

Strefy centralna, peryferyjna i operacyjna są tradycyjnie definiowane poprzez obszary siatkówki. Zróżnicowane właściwości jej powierzchni wpływają na kształtowanie i analizę obrazu zaledwie częściowo. Na poziomie siatkówki zachodzi tylko zainicjowanie zjawiska segmentacji obrazu, którego dalsze etapy sięgają w wyższe struktury układu nerwowego. Zatem istotne znaczenie mają także odpowiadające wspomnianym strefom topograficzne różnice w drodze wzrokowej, jądrach podkorowych, a szczególnie w korze wzrokowej. Jednakże im wyższy poziom w tym mechanizmie, tym mniej o nim ustalono w sposób bezsporny, a istniejąca wiedza ma charakter bardziej ogólnikowy i metaforyczny. W tej sytuacji wspomniane powierzchnie najwygodniej pojmować niezależnie od podłoża, tylko jako strefy obrazu, pamiętając w miarę potrzeby o ich topograficznych korelatach na poszczególnych poziomach całego mechanizmu.

Właściwości obrazu związane z poszczególnymi strefami mają niewątpliwie wpływ na operacje jego przetwarzania (przeobrazowania) i analizy. Pod tym względem kolistą strefą wewnętrzną i ekscentrycznie położonym szerokim pierścieniem peryferii rządzą inne prawa. To istotne założenie teoretyczne stanowi fundament referowanej koncepcji.

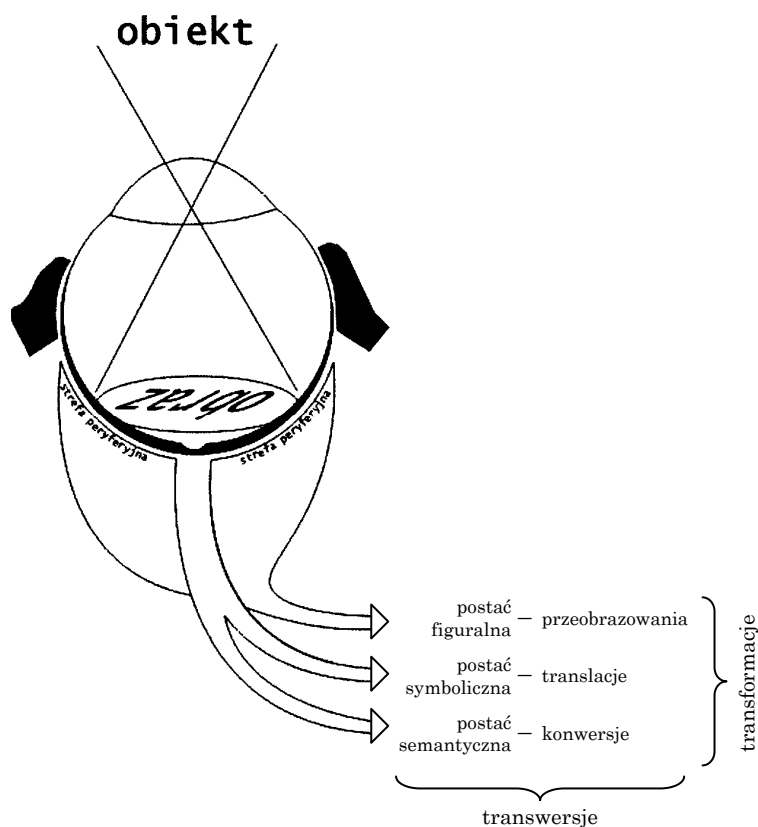
Zakładam, że przetworzenia zachodzące w całej siatkówce – bez względu na zakres transformacji – mogą mieć postać figuralną. Natomiast strefie peryferyjnej ta forma jest dostępna wyłącznie. To znaczy, że są takie momenty (gdy strefa centralna jest podporządkowana innym formom analizy), że przeobrażowanie odbywa się jedynie w sferze peryferyjnej. Jeżeli przyjmiemy, że wewnętrzna średnica pierścienia tej strefy obrazu stanowi granicę z powierzchnią operacyjną, to ostrość widzenia poza nią nie przewyższa 70% standardu. Czyli transformacjom na poziomie peryferii obrazu siatkówkowego groziłoby jakieś upośledzenie wskutek nierozróżniania drobnych szczegółów. Jednakże nie jest to pewne ani konieczne. Wprawdzie z badań Finke'a i Kosslyna (1980 – za: Jagodzińska, 1991) wynika, że efekt peryferyjnej redukcji ostrości jest podobny dla wzrokowych spostrzeżeń i wyobrażeń wizualnych. Ma to być następstwem wspólnoty pewnych struktur neuronalnych, na których wspierają się obydwie procesy. Ale Konorski (1969), uwzględniając wspomnianą wspólnotę na poziomie pól gnostycznych, nie przewiduje takiego deprecjonującego efektu peryferyjnego ani nie eksponuje konieczności przejścia sygnału przez strefę centralną jako warunku powstania jednostki gnostycznej. W takim razie w procesie percepcji może dochodzić do pewnego wsparcia ze strony wyobrażeń, które mogłyby kompensować efekt nieostrości. Stanowisko to uzbierało w ostatnim półwieczu wielu zwolenników. Jagodzińska (1991) podkreśla, że przetwarzanie obrazów niewyraźnych, zamglonych czy niekompletnych jest bardziej intensywne i wszechstronne niż obrazów zintegrowanych i ostrych.

Natomiast te fragmenty peryferii obrazu, które dzięki narządowi okulomotorycznemu są sukcesywnie przesuwane na operacyjną powierzchnię centrum, podlegają dodatkowo przetwarzaniom możliwym wyłącznie w tej strefie. W momencie fiksacji siatkówka zachowuje się jak specyficzny filtr, który realizuje wyodrębnienie elementów obrazu do przetworzeń na poziomie wyższym niż obrazowy. Są one bardziej zaawansowane i realizowane dzięki posiadanym przez strefę centralną szansom transmitowania przypadającej na nią części obrazu siatkówkowego do odpowiednio wyspecjalizowanych okolic mózgu. Przebieg przetwarzania zależy od procesów reprezentacji, której dotyczy. W formie podstawowej są to mechanizmy spostrzegania lub wyobrażni, języka i myślenia. Wykorzystany model przetwarzania (Młodkowski, 1998a, 1998b) zakłada, że jest to funkcjonalna struktura trójwarstwowa. Na poszczególnych jej poziomach zachodzą procesy przetwarzania typu transwersja. Polegają one na operacjach wykonywanych w tej samej, specyficznej dla poszczególnych pięt, postaci informacji: formy obrazowej (→ przeobrażowanie), symbolicznej (→ translacja) bądź semantycznej (→ transwersja). Natomiast pomiędzy poziomami zachodzi drugi typ przetwarzania – transformacja, sprowadzający się do dopasowania postaci informacji do specyfiki formy na poszczególnych kondygnacjach.

Globalnym celem procesu przetwarzania jest dopasowanie formy reprezentacji psychicznej do takiej postaci, aby była maksymalnie użyteczna w następnych ogniwach czynności przygotowujących, realizujących bądź nadzorujących działanie. Celem bezpośrednim przetwarzania jest osiągnięcie formy

procesu użytecznej w kolejnym etapie aktywności, przy możliwie pełnym zachowaniu zawartej w nim treści. Innymi słowy: przetworzenie ma za zadanie doprowadzić określoną formę do takiej korzystnej postaci, aby mogły zaistnieć procesy porównywania (w tym – rozpoznawania) bądź asymilacji. Ta postać wymaga identyczności lub zaawansowanego pokrewieństwa formalnego dla elementów uwzględnianych aktualnie przez mechanizm. Ten aspekt procesu jest analogiczny do arytmetycznej operacji sprowadzenia czynników do wspólnego mianownika.

Zatem przetwarzanie informacji wyjściowej podlega regule zachowania ekwiwalentnej treści przez kolejne wersje. Rezultaty otrzymane na pewnych etapach mogą wówczas dać się dopasować do globalnej reprezentacji, tak jak właściwy element do luki w mozaice, przyczyniając się w ten sposób do postępu w rozwiązywaniu problemu. Natomiast ideę powiązania sposobu przetwarzania ze strefą obrazu siatkówkowego ilustruje schemat na rysunku 2.



Rysunek 2. Schemat wpływu obrazu siatkówkowego na procesy przetwarzania: Oko, dzięki aktywności mięśni, porusza się na panewce oczodołu, przemieszczając obraz na ekranie siatkówki. Dzięki strefowemu zróżnicowaniu siatkówki i jej zaawansowanych funkcji powstaje jakby „panewka psychiczna”, która dodaje do mechanizmu okulomotorycznego dodatkowy wymiar.

Powyższa koncepcja fragmentarycznie – ale w istotnych szczegółach – odpowiada z uznanymi w psychologii stanowiskami. Przede wszystkim opowiada się za pomysłem zhierarchizowanego procesu przetwarzania, będącego rdzeniem teorii głębokości przetwarzania Craika i Lockharta (Lockhart, Craik, 1990; Craik, Brown, 2000). Wprawdzie dotyczy ona trwałości powstającego śladu pamięciowego, a tutaj chodzi o efektywność rozpoznania, ale obydwie procesy mają wiele wspólnych elementów: z jednej strony rozpoznanie bez engramu byłoby niemożliwe, z drugiej – proces przetwarzania ma uniwersalny charakter i towarzyszyć może różnym czynnościom. Ponadto teoria ta jest krytykowana za brak propozycji wskaźników dla identyfikacji poziomów i wskutek tego uznawana za nieweryfikowalną (Najder, 1997). Tymczasem konfrontując proces zmiany poziomów głębokości z dynamiką okulomotoryczną można oczekiwać, że forma sygnałów, momenty i kolejność ich pobierania, realizowana przez alternację aktywności stref obrazu, są synchroniczne. Dzięki temu skokowe ruchy oczu mogą generować i zarazem wskazywać przynajmniej niektóre przejścia między poziomami głębokości przetwarzania.

Zmiana formy, czyli transformacja, jest w literaturze najczęściej określana jako zmiana kodu. W związku z tym powstaje konieczność ustosunkowania się do problemu palety istniejących form (kodów). Craik i Lockhart nie deklarują tego *explicitie*, konstruując wymiar głębokości przetwarzania, jako kontinuum między konkretem a abstrakcją. Kontrowersja Shepard/Kosslyn – Pylyshyn, dotycząca ilości kodów, jest w gruncie rzeczy sporem o szerokość i lokalizację pasma przetwarzania na wspomnianym kontinuum (Chlewiński, 1997; Francuz, 2007). Shepard i Kosslyn eksponują szerokie kontinuum i empirycznie demonstrują szerokie możliwości przeobrażeń. Natomiast Pylyshyn – w proponowanej tu terminologii – kwestionuje istnienie przeobrażeń i translacji, a wszelkie transwersje sprowadza do konwersji (1999). Oczywiście w takiej sytuacji musi wzrastać ranga transformacji, choć jej przebieg odbywa się tylko w kierunku do abstrakcji.

Kolejną możliwość porównania daje stanowisko Maruszewskiego i Ścigały (Maruszewski, 2000), które zakłada istnienie trzech kodów odpowiadających postaciom transformacji w referowanym tu modelu. Kody tworzą trójogniowy zamknięty obwód przetwarzania, czyli funkcjonują w jednej płaszczyźnie. To znaczy, że są bezpośrednio połączone i przetwarzanie między nimi jest możliwe we wszystkich kierunkach, ale tylko w jednym wymiarze.

Prezentowany model ma najwięcej podobieństwa do koncepcji przetwarzania Nelsona (1979 – za: Jagodzińska, 1991). Postuluje on istnienie trzech postaci (kodów) informacji psychicznej, które są zhierarchizowane, ale dopuszczalna jest możliwość bezpośredniej transformacji formy obrazowej w semantyczną, z pominięciem typowego ogniwa pośredniczącego – postaci symbolicznej.

HIPOTETYCZNE OGNIWA I PRZEWIDYWANE KONSEKWENCJE

Uwiarygodnienie istnienia przedstawionego poprzednio mechanizmu wymaga potwierdzenia empirycznych konsekwencji jego działania.

Zmiana strefy i zarazem kanału transmisji odpowiedniego fragmentu obrazu jest realizowana ruchem skokowym oczu. Seria takich ruchów, tworząca trajektorię, umożliwia naprzemienne przechodzenie pomiędzy polem/kanałem peryferii a polem/kanałem widzenia centralnego. Generalnym celem takiej alternacji jest jakby sukcesywne „poskładanie” centralnie wydzielonych fragmentów w percepcyjnie bardziej użyteczną całość, a środkiem – wykorzystanie odmiennych właściwości transformacyjnych obydwu kanałów.

Aktywność okulomotoryczna stanowi dający się kontrolować proces empiryczny. Jej konieczny udział w całym mechanizmie, a zwłaszcza sukcesywny charakter tworzącej się trajektorii ruchów oczu, daje się rejestrować z dostateczną dokładnością. Jednakże dla pełniejszej kontroli niezbędna jest możliwość manipulowania przynajmniej niektórymi parametrami ruchów skokowych oczu, co także jest osiągalne. Czynniki wyzwalający sakadę nie jest zidentyfikowany ostatecznie, może jest to nawet splot czynników, co utrudnia wyodrębnienie poszczególnych parametrów. Natomiast skokowe przemieszczenie oczu wydaje się synchroniczne z przełączeniem kanałów i w pewnych okolicznościach może służyć za wskaźnik tej zmiany – jako jej dający się zaobserwować inicjator. Wspomniane okoliczności miałyby związek z przetwarzanymi reprezentacjami, co w warunkach badania sprowadza się do konstrukcji wykorzystanych zadań.

Można osiągnąć więcej: zablokować część pola widzenia, uniemożliwiając w ten sposób korzystanie z którejś ze stref obrazu. Jeżeli będzie to strefa centralna (operacyjna), to zakłóci to proces transformacji na postać symboliczną bądź semantyczną. Nastąpi wówczas zablokowanie możliwości wykonania zadania lub modyfikacja tego procesu, co z kolei będzie objawiało się przedłużeniem czasu rozwiązywania lub rozwiązaniem błędnym.

Strefa operacyjna, zablokowana dla celów eksperymentalnych, daje efekt analogiczny do patologicznego stanu siatkówki zwanego mroczkiem centralnym (*scotoma centralis*). Z punktu widzenia orzecznictwa okulistycznego taki stan w jednym oku traktowany jest jak brak oka i daje 35% inwalidztwa, natomiast w obydwu oczach – jak ślepota całkowita, ponieważ nie ma pozytywnego rokowania i nieznane są sposoby leczenia. Rzuca to pewne światło na siłę tego czynnika.

Jakie strategie działania ma do dyspozycji obserwator, którego naturalny proces widzenia został zablokowany mroczkiem? Wydaje się, że wchodzi w grę trzy warianty: (1) pozostanie na poziomie figuralnym i – mimo niedoskonałości wizualnych – podejmowanie prób przeobrazowań; (2) ucieczka w symbolizację trudno spostrzeganych sygnałów i dalsze przetwarzanie translacyjne; (3) ucieczka w semantyzację i dalsze przetwarzanie transwersyjne.

Każda z możliwości może zachodzić przy równoczesnym wsparciu szczegółowego procesu widzenia. Wspomniane wsparcie powinna ujawniać trajektoria ruchów oczu, która – być może – nieco inaczej będzie kształtowana w ramach poszczególnych strategii.

Gdyby zmiany w trajektoriach okazały się zbyt subtelne, za mało zróżnicowane lub z innych przyczyn nie poddające się analizie, to odrębności powinny ujawnić się w ogólnych wynikach różnego typu zadań. Przy zastosowaniu prób, których proces rozwiązywania pozwoli osiągnąć rezultat bez transformacji treści wyjściowej, zablokowanie widzenia centralnego nie będzie miało wpływu na przebieg ich rozwiązywania lub będzie to wpływ nieznaczny. I przeciwnie: zadania, których rozwiązanie jest uwarunkowane transformacją sygnałów wyjściowych do postaci symbolicznej lub semantycznej, przy pozbawieniu widzenia centralnego nie będą mogły być wykonane lub będą wykonywane znacznie gorzej niż w normie.

WERYFIKACJA EKSPERYMENTALNA: WARSZTAT I WYNIKI

Badanie zostało oparte na procedurze eksperymentu dwu-jednozmiennowego, wspartego laboratoryjną kontrolą licznych zmiennych ubocznych i pozwalającego na ciągłą rejestrację procesu rozwiązywania zadań.

Zasadniczym założeniem badań było wykonanie ich w możliwie naturalnych warunkach percepcji wzrokowej. Nie wszystko osiągnięto, np. próby odbywały się w ograniczonym oświetleniu, po wstępnej adaptacji do ciemności. Natomiast udało się nie ograniczać naturalnej dynamiki oczu. Było to o tyle istotne, że hipotetycznie przypisywana im funkcja: naprowadzanie wyróżnionych w naturalny sposób elementów obrazu w strefę operacyjną (a poprzez to umożliwienie wprowadzania ich do tych struktur mózgu, w których mają miejsce zaawansowane transformacje w postaci pozaobrazowe i właściwe dla nich przetworzenia), mogła być zintegrowana z równoczesnym zablokowaniem tej strefy. Ten efekt pozwolił osiągnąć w badaniu rangę zmiennej niezależnej głównej.

Badanie oparto na oryginalnym pomysłem metodycznym, który umożliwia uwzględnienie dynamiki zjawiska w czasie rzeczywistym, to znaczy w trakcie naturalnej szybkości wykonywania zadania przez podmiot, zachowując możliwość kontroli typową dla eksperymentu laboratoryjnego. Układ okulomotoryczny został tak włączony w system sterowania projekcją obrazu, aby można było wykorzystać ruchy skokowe gałek ocznych do sterowania położeniem zasłonki na ekranie z obserwowanym zadaniem. Swoją lokalizacją i wielkością zasłonka odpowiadała strefie widzenia operacyjnego. Poprzednio badania oparte na podobnej idei, ale innej technice wykonywali Jarbus i Rožkova (1977). Korzystali w tym celu z przysysanych do rogówki soczewek kontaktowych. To ograniczało czas badania i wymagało długich przerw między powtórzeniami, a także zmuszało do znieczulenia oka, co mogło wpływać zniekształcająco na przebieg percepcji. Natomiast promień światła stosowany do reje-

stracji nie obciążał zjawiska i nie modyfikował jego dynamiki. Innym sposobem była technika elektroniczna zastosowana przez Osakę (1993a, 1993b; Osaka, Oda, 1994) do badań procesu czytania. Wykorzystane urządzenie pozwalało na wyświetlanie bądź zasłanianie tylko powierzchni o średnicy $2\text{--}3^\circ$, odpowiadających strefie centralnej, i przesuwanie w czasie rzeczywistym tego ekraniku w poziomie lub pionie (dla układu znaków języka japońskiego). Ograniczeniem uniwersalności tej metodyki była wielkość zasłonki oraz tylko dwa kierunki jej przemieszczania. Aparatura zastosowana w referowanych badaniach (okulograf Wiikom SCPPO-102) była pozbawiona wspomnianych wad. Obraz oka pobierany był przez kamerę telewizyjną umieszczoną poza polem widzenia; na tej podstawie zostaje ustalona pozycja oka (z częstotliwością 25 lub 50 razy w ciągu sekundy). Komputer mający te dane rekonstruował trajektorię oka z opóźnieniem czasu trwania jednego pomiaru (40 lub 20 ms). Modyfikacja urządzenia pozwoliła zmiksować obraz zadania demonstrowany osobie badanej z dynamicznym obrazem nieprzezroczystej przesłonki, której średnica może mieć wielkość regulowaną w granicach $0\text{--}20^\circ$ wielkości katowej pola widzenia. Środek przesłonki był wyznaczany przez położenie punktu przecięcia osi widzenia z ekranem i przesuwał się wraz z tą osią. Wykorzystana średnica przesłonki wynosiła, w zależności od wersji zadania, $12\text{ lub }16^\circ \pm 30'$. Przed rozpoczęciem każdego badania wyświetlany był punkt fiksacji, zawsze w tym samym miejscu, blisko środka ekranu.

Badanie przeprowadzono w dwóch fazach. Ich struktura była identyczna, tylko w drugiej fazie zablokowane było widzenie centralne. W każdej fazie mieściło się dwadzieścia zadań. W drugiej fazie powtarzane były wersje ekwiwalentne poszczególnych zadań. Zadania przedstawiano w tej samej kolejności (poprzednio ustalonej losowo), wyświetlając je na płaski ekran znajdujący się w płaszczyźnie czołowej obserwatora, w odległości 1100 ± 50 mm od jego oczu. Wszystkie zadania miały postać graficzną danych wyjściowych, rzutowanych na maksymalną powierzchnię $45 \times 60^\circ$, dla której aparatura była w stanie korygować błędy nieliniowości w czasie rzeczywistym i z zadowalającą dokładnością. Jednakże najczęściej zadanie mieściło się w okręgu o średnicy 40° .

Kategorie zadań tworzyły drugą zmienną niezależną główną. Pod względem merytorycznym zadania były operacjonalizacjami poszczególnych kategorii transformacji (figuracywność, symboliczność, semantyczność). Trafność zadań opierała się na analogii z niektórymi próbami ze stosowanych testów psychometrycznych. Dodatkowo zostały w tym celu uwzględnione opinie sędziów kompetentnych.

Każde zadanie było demonstrowane na osobnej planszy. W centrum eksponowanej planszy znajdował się rysunek stanowiący rdzeń treści zadania, który nabierał sensu łącznie z treścią pytania stanowiącego instrukcję i zadanego bezpośrednio przed ekspozycją. Graficzne ekwiwalenty proponowanych odpowiedzi rozłożone były wokół centrum, w jednakowej odległości od punktu początkowej fiksacji i w przypadkowej kolejności. Spośród nich jedna odpowiedź była właściwa. Jej identyfikacja i wskazanie było możliwe albo po wykonaniu skutecznych czynności orientacyjno-poznawczych, albo przez przy-

padek. Aby zminimalizować wpływ przypadku, do wyboru było sześć względnie dziesięć (zależnie od stopnia trudności zadania) odpowiedzi.

Jeżeli odpowiedź miała formę symboliczną, należało ją wyrazić przez podanie nazwy, jeśli zaś obrazową, to najwygodniejsza była „konwencja zegarowa”, zalecana osobom badanym. Polegała ona na podaniu liczby symbolizującej godzinę, której położenie na tradycyjnej tarczy zegarowej odpowiada lokalizacji wybranej odpowiedzi. Jeśli po upływie 60 s ekspozycji nie udzielono odpowiedzi, zadanie uznawano za nie rozwiązane. Mediana dla uzyskanych rozwiązań wyniosła ok. 40 s. Po ekspozycji i podaniu odpowiedzi badany mógł dodatkowo komentować zadanie lub własną aktywność, do czego był zachęcony w instrukcji ogólnej. Potem miała miejsce kilkuminutowa przerwa między zadaniami; o długości tej przerwy decydowała osoba badana.

Przed drugą fazą eksperymentu informowano osoby badane, że zadania będą podobne, jednak ich rozwiązywaniu będzie towarzyszyło utrudnienie. Nie precyzowano, na czym ono będzie polegało. Ta faza była przesunięta z reguły o kilka tygodni. Przez ten okres uczestnicy przechowali w pamięci zasadnicze elementy wcześniejszego treningu.

Uzyskany układ badawczy trudno było utrzymać w stabilności z racji złożoności i ograniczonych możliwości kontroli licznych zmiennych ubocznych i zakłócających. Ogólny czas współpracy z osobą całościowo przebadaną, choć podzielony na dwa spotkania, zawierał się w przedziale 6,5-8,5 godziny (średnio 8 godz.). Na ten okres składały się: rozmowa „kontaktowa”, wygaszenie reakcji orientacyjnych, zebranie danych przewidzianych kwestionariuszem wywiadu, instalacja aparatury i jej regulacja, instrukcja ogólna i zestaw zadań badawczych, z których każde poprzedzane było krótkim testem kontrolnym i ewentualnie szybką korektą. Osoby badane ujawniały swoje niezadowolenie z dyskomfortu fizycznego, związanego z koniecznym dla badania bezruchem i jego somatycznymi następstwami (na przykład parestezjami lub tremorem niektórych grup mięśni szkieletowych), zaciemnieniem pomieszczenia i monotonią wielokrotnie powtarzanych czynności testowych. Wpłynęło to na pewną nieścisłość w uzyskiwaniu poprawnych technicznie rezultatów.

Do badań przystąpiło 28 osób. Ukończyło je 20 badanych, jednakże uzyskane wyniki były niekompletne, co często uniemożliwiało porównania między zadaniami paralelnymi. Spodziewano się uzyskać 800 wyników pomiarowych, ale otrzymano zaledwie 174 pary danych (tj. 43%), w dodatku nierównomiernie rozłożonych w poszczególnych zadaniach. Uniemożliwiło to zastosowanie bardziej zaawansowanej statystyki, a niezależnie od tego – niekorzystnie wpłynęło na ukształtowanie się wyników. Na przykład najmniej wyników uzyskano dla zadania adaptowanego z testu Rybakowa, które okazało się zbyt trudne, wskutek czego większość osób nie mieściła się z rozwiązaniem w limicie czasu, a nieliczni, którzy je rozwiązali, pozostawili nieczytelne, „wielowarstwowe” rejestracje.

Z dwudziestu wariantów udało się zebrać wyniki w ilości minimalnej do porównań dla osiemnastu zadań (przedstawia je tabela 1): 8 – z kategorii przeobrazowania, 4 – z operacji na symbolach (translacji), a 6 – z operacji na

pojęciach (transwersji). Uśrednione wyniki ułożyły się zgodnie z przewidywaniem w (odpowiednio) 7, 3 i 3 zadaniach. Jednak często były to różnice nieznaczne. Test jednostronny Wilcozona zaakceptował je na poziomie $p < 0,05$ w (odpowiednio) 2, 2 i 0 przypadkach.

Wprawdzie uzyskane wyniki nie potwierdziły hipotez, ale nie są też sprzeczne z nimi. Jeżeli uwzględni się dodatkowo rezultaty z przekroczonym (arbitralnie ustanowionym) limitem czasu, wówczas hipotezy wyglądają bardziej korzystnie. Najbardziej prawdopodobną przyczyną tego stanu jest zbyt mała ilość uzyskanych w komplecie wyników. Doświadczenie zdobyte w zaistniałych okolicznościach poucza o ponad połowie nieukończonych badań, mimo początkowo wysokiej motywacji osób do wzięcia w nich udziału.

Jeżeli nawet wyniki uśrednione nie są zbyt obiecujące, to niektóre rezultaty indywidualne są wyjątkowo pomyślne, a ponadto wsparte godnymi uwagi rejestracjami. Trzy z nich prezentują rysunki 3, 4 i 5, tak dobrane, aby zdemontować po jednym zadaniu z każdej grupy, a przy tym – aby trajektorie były czytelne. Jak można zauważyć, trajektoria składa się naprzemiennie z wektorów i węzłów. Pierwsze wskazują na kierunek i odległość przemieszczenia osi widzenia, drugie na lokalizację fiksacji. Ponieważ fiksujące oko podlega cały czas mikroruchom, na wykresie fiksacje nie są dosłownie punktami, a raczej obszarami powstałymi wskutek dryftu i mikroskoków. Ich powierzchnia jest z reguły proporcjonalna do czasu fiksacji, choć nie jest to na ogół zależność przeliczalna.

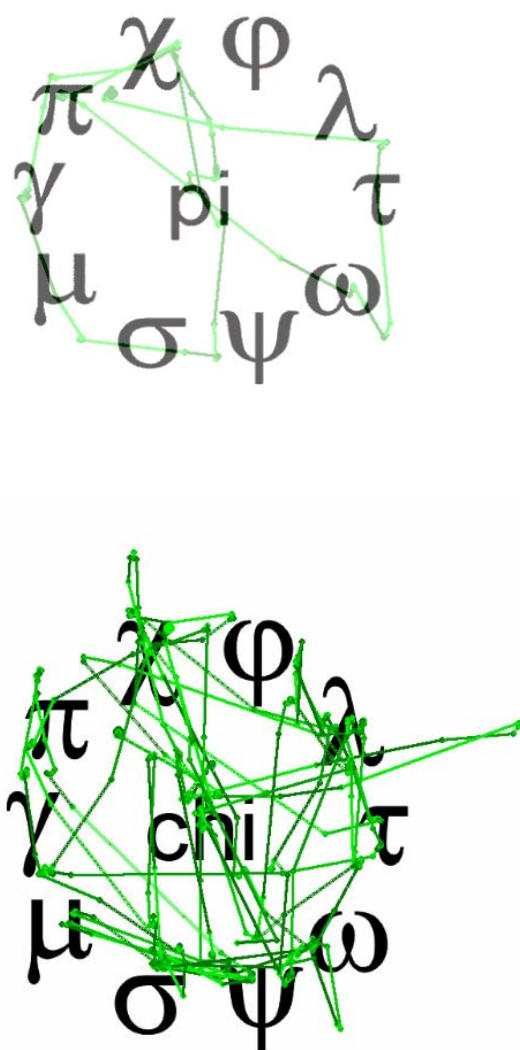
Warto jednak wspomnieć, że pojawiające się długie fiksacje mogą w niektórych rejestracjach być wskaźnikiem strategii „oszczędnej” okulomotoryki, objawiającej się zmniejszeniem ilości ruchów oczu oraz ogólnym spowolnieniem nie tyle samych ruchów, co całego mechanizmu. Ponadto powstająca oszczędna trajektoria wydaje się jakby bardziej dokładna i celowa – ma mniej ruchów „ślepych”, o nie dającym się określić przeznaczeniu. Więcej jest fiksacji dłuższych i precyzyjnie osadzonych. Strategia występuje szczególnie podczas rozwiązywania zadań z przetworzeniami symbolicznymi bądź semantycznymi. Ograniczenie dynamiki okulomotorycznej podczas skutecznego rozwiązywania sugeruje, że aktywność podmiotu zostaje tu przeniesiona z przeszukiwania pola obrazu na przeszukiwanie pola uwagi kognitywnej. W takim przypadku efektywność metodyki okulograficznej staje się wątpliwa.

Tabela 1.

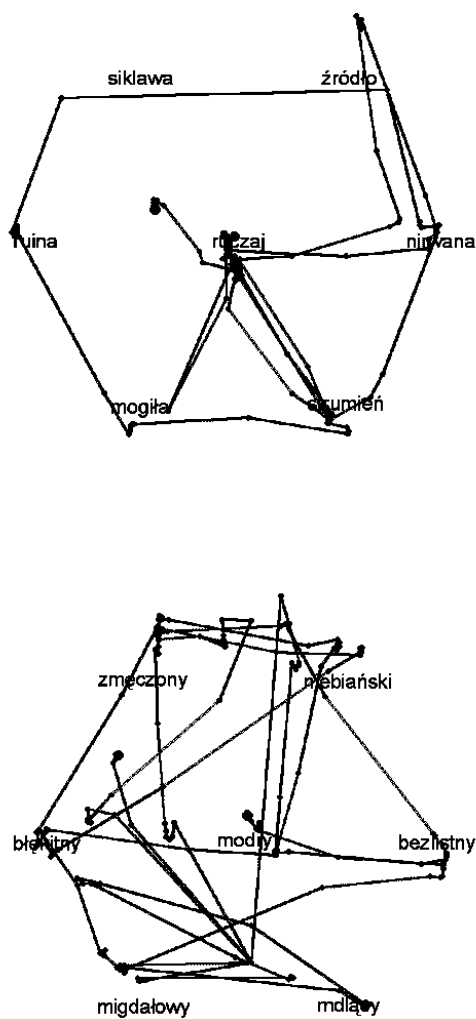
Uzyskane wyniki po przetworzeniu

Kolejność ekspozycji i nazwa robocza zadania (kategoria dominującego kodu: Obrazowy, Symboliczny, Seman- tyczny)*	Rozwiązania poprawne i kompletne (<i>n</i> = 348 = 174 pary)				współ- czynnik pogor- szenia**	Test Wilcoxona jedno- stronny (<i>df</i>)	Poziom istotno- ści***
	ilość zadań (<i>n</i> = 20)		średni czas wykonania (s)				
	nomi- nalnie	w %	cała siatkówka	tylko strefa peryferyjna			
1. długości (O)	11	55	16,03	17,64	1,10	29 (10)	0,72
2. faktura (O)	14	70	4,04	4,34	1,07	43 (13)	0,86
3. gradienty (O)	11	55	9,65	18,22	1,89	2 (10)	0,00
4. greka (Sy)	6	30	5,61	13,77	2,45	0 (5)	0,03
5. imię (Se)	15	75	4,41	10,41	2,36	40 (14)	0,24
6. kąty (O)	6	30	15,54	18,73	1,20	7 (5)	0,46
7. liczby a→r (Sy)	10	50	6,40	24,66	3,85	0 (9)	0,00
8. liczby r→a (Sy)	12	60	5,15	6,60	1,28	20 (11)	0,14
9. odbicie (O)	11	55	10,83	7,54	0,70	19 (10)	0,21
10. odcinki (O)	2	10	****	****	****	****	****
11. parzystość a→r (Se)	9	45	10,71	12,84	1,20	15 (8)	0,37
12. parzystość r→a (Se)	9	45	21,28	15,52	0,73	5 (8)	0,04
13. rybakow (Se)	2	10	****	****	****	****	****
14. spirale (O)	10	50	21,21	25,40	1,20	16 (9)	0,24
15. synonimy (Se)	6	30	16,23	17,79	1,10	8 (5)	0,60
16. szarości (O)	4	20	12,22	15,82	1,29	1 (3)	0,14
17. wielokąty (O)	8	40	27,53	36,86	1,34	3 (7)	0,03
18. wielokrotności (Se)	8	40	8,17	4,44	0,54	5 (7)	0,07
19. zdanie (Se)	11	55	17,15	11,84	0,69	16 (10)	0,13
20. zegary (Sy)	9	45	14,26	11,37	0,80	11 (8)	0,17
O g ó ł e m	174	43	—	—	—	—	—

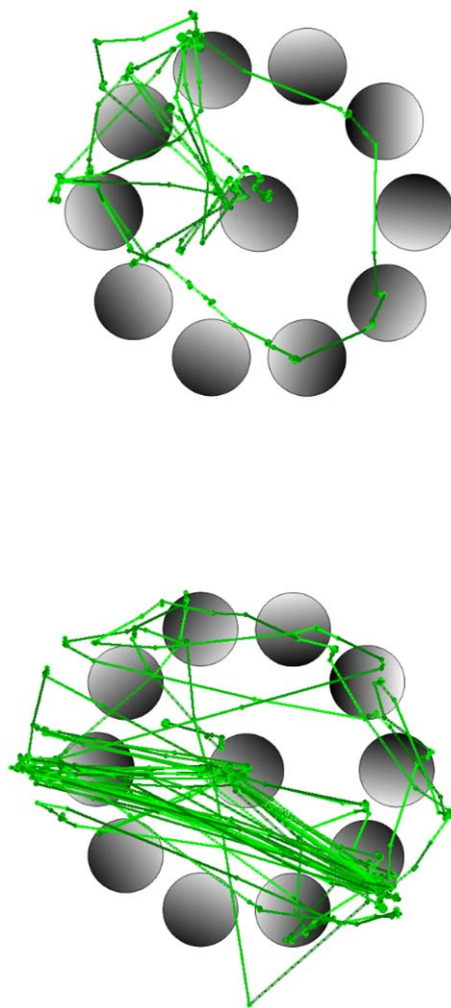
* zadania z wynikami zgodnymi z oczekiwaniem przedstawiono pismem półgrubym; ** współczynnik pogorszenia – iloraz średniego czasu wykonania w fazie drugiej do średniego czasu wykonania w fazie pierwszej; *** rubryki zadań, których wyniki osiągnęły $p < 0,05$, zostały wyróżnione szarym tłem; **** wyniki zostały zignorowane wskutek zbyt małych liczebności



Rysunek 3. Rejestracja rozwiązywania zadania 4: „greka” [maciek31018]. U góry: pełne pole widzenia [czas: 3,44 s], u dołu: z wyciętą strefą operacyjną [44,40 s]. Instrukcja: Wskaż położenie na obwodzie znaku odpowiadającego temu w środku. Charakterystyka zadania: należało odnaleźć znak alfabetu greckiego o identycznym brzmieniu jak ekwiwalent wyrażony literami łacińskimi. Znaki były tak dobrane, aby istniało duże prawdopodobieństwo rozwiązania zadania przez osoby nie znające kompletnego alfabetu.



Rysunek 4. Rejestracja rozwiązywania zadania 15: „synonimy” [ewa31023]. U góry: pełne pole widzenia [czas: 7,52 s], u dołu: z wyciętą strefą operacyjną [9,44 s]. Instrukcja: Wskaż położenie na obwodzie wyrazu o znaczeniu identycznym lub najbardziej podobnym do znaczenia wyrazu umieszczonego w środku. Charakterystyka zadania: Zastosowano wyrazy stosunkowo mało rozpowszechnione, chociaż należące do języka potocznego, o lekko archaicznym charakterze. Wyniki pilotażu sugerowały względną równowagę stopnia trudności.



Rysunek 5. Rejestracja rozwiązywania zadania 16: „szarości” [iwona31005]. U góry: pełne pole widzenia [czas: 29,32 s], u dołu: z wyciętą strefą operacyjną [37,16 s]. Instrukcja: Wskaż położenie na obwodzie koła identycznego jak środkowe. Przy niewielkiej różnicy w czasie rozwiązywania i dużych różnicach w złożoności trajektorii łatwo zauważyć, że przy pełnym widzeniu nieliczne fiksacje były stosunkowo długie. Ten bezruch prawdopodobnie sprzyjał procesom przeobrażowania i porównywania. Przy przesłonce pozostawało takie ustawienie oczu, aby obserwowany obiekt znalazł się na granicy widoczności, chociaż obraz był wówczas znacznie nieostry.

BIBLIOGRAFIA

- Chlewiński, Z. (1997). Podstawowe problemy teoretyczno-metodologiczne w badaniach nad wyobraźnią. *Kolokwia Psychologiczne*, 6, 27-56
- Craik, F. I. M., Brown, S. C. (2000). Memory: Coding processes. [W:] A. E. Kazdin (red.), *Encyclopedia of Psychology*. New York: APA/Oxford University Press.
- Finke, R. A., Kosslyn, S. M. (1980). Mental imagery acuity in the peripheral visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 126-139.
- Francuz, P. (2007). Teoria wyobraźni Stephena Kosslyna. Próba reinterpretacji. [W:] P. Francuz (red.), *Obrazy w umyśle. Studia nad percepcją i wyobraźnią* (s. 149-189). Warszawa: Scholar.
- Jagodzińska, M. (1991). *Obraz w procesach poznania i uczenia się*. Warszawa: WpiS.
- Jarbus, A. Ł., Rožkova, G. I. (1977). *Osobiennosti vosprijatija ob'ektov na pierifierii polja zrenija. Siensornyje sistiemy* (s. 64-73). Leningrad: Nauka.
- Konorski, J. (1969). *Integracyjna działalność mózgu*. Warszawa: PWN.
- Lockhart, R. S., Craik, F. I. M. (1990). Levels of processing: A retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology*, 44, 1, 87-112.
- Maruszewski, T. (2001). *Psychologia poznania*. Gdańsk: GWP.
- Młodkowski, J. (1998a). Wyobraźnia. [W:] *Encyklopedia psychologii* (s. 1019-1024). Warszawa: Fundacja Innowacja.
- Młodkowski, J. (1998b). *Aktywność wizualna człowieka*. Warszawa: PWN.
- Najder, K. (1997). Wprowadzenie do teorii pamięci. [W:] M. Materska, T. Tyszka (red.), *Psychologia i poznanie* (s. 129-163). Warszawa: PWN.
- Nelson, D. L. (1979). Remembering pictures and words: Appearance, significance and name. [W:] S. L. Cermak, F. I. M. Craik (red.), *Levels of processing in human memory* (s. 45-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Osaka, N. (1993a). Reading vertically without a fovea. [W:] S. F. Wright, R. Groner (red.), *Facets Pylyshynof dyslexia and its remediation* (s. 257-265). Amsterdam: North-Holland.
- Osaka, N. (1993b). Asymmetry of the effective visual field in vertical reading as measured with a moving window. [W:] G. d'Ydewalle, J. Van Rensbergen (red.), *Perception and cognition. Advances in eye movement research* (s. 275-283). Amsterdam: North-Holland.
- Osaka, N., Oda, K. (1994). Moving window generator for reading experiments. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 26, 1, 49-53.
- Pylyshyn, Z. W. (1999). Cóż takiego jest w umyśle? [W:] Z. Chlewiński (red.), *Modele umysłu* (s. 50-78). Warszawa: PWN.