

Krzysztof T. Piotrowski

Uniwersytet Jagielloński:
Studium Pedagogiczne,
Instytut Psychologii

UWAGA W PASYWNYM PRZECHOWYWANIU INFORMACJI W PAMIĘCI ROBOCZEJ.

Uwaga jest jednym z podstawowych procesów umożliwiających przetwarzanie informacji w pamięci roboczej (WM). Jednak funkcją pamięci roboczej jest także krótkotrwałe przechowywanie. Przedstawione badania¹ miały na celu zweryfikowanie hipotezy o udziale uwagi w pasywnym przechowywaniu (retencji) elementów w WM. W eksperymentach wykorzystano procedurę zadania podwójnego. Badani mieli jednocześnie wykonywać zadanie przeszukiwania pamięci (MST) oraz losowo generować interwały losowe (zadanie GIL). W pierwszym z eksperymentów wykorzystany został materiał werbalny, w drugim, wzrokowo–przestrzenny. Wyniki uwiarygodniają postawioną hipotezę. Pasywne przechowywanie informacji w pamięci roboczej wymaga niewielkich zasobów uwagi, przydzielanych przez centralny system wykonawczy. Dyskutowane jest podobieństwo charakterystyk uwagi ekstensywnej do stanów pasywnych WM.

Słowa kluczowe: pamięć robocza, uwaga, uwaga ekstensywna, stany pasywne, retencja, generowanie interwałów losowych

STANY UWAGOWE I NIEUWAGOWE W PAMIĘCI ROBOCZEJ.

Stany uwagowe pamięci roboczej według McErlee (1998), to aktualne skupienie uwagi przez podmiot na części struktur pamięci roboczej. Bezpośrednio nawiązując do koncepcji Cowana (1995)², można określić, że uwaga jest przydzielana jedynie niewielkiej części informacji znajdujących się w pamięci roboczej – tym które znajdują się aktualnie w ognisku uwagi. W koncepcji Baddeleya (1986) stany uwagowe można identyfikować z powtarzaniem informacji w pętli powtórzeniowej w którymś z podsystemów.

Reprezentacja, na której została skupiona uwaga jest łatwiej dostępna niż reprezentacja, na której chwilowo nie skupia się uwagi.

McErlee (1998) określa nieuwagowe stany pamięci roboczej jako struktury, które znajdują się poza aktualnie skupioną uwagą, jednak na skutek niedawnego przetwarzania, są bardziej dostępne podmiotowi niż informacje przetwarzane wcześniej. W koncepcji Baddeleya takimi strukturami byłyby czasowe reprezentacje w wyspecjalizowanych podsystemach. W koncepcjach aktywacyjnych (Cowan, 1995; Oberauer, 2002; Engle i Conway, 1998) stanami nieuwagowymi byłyby ślady pamięciowe w pamięci długotrwa-

¹ Tekst przedstawia część badań zawartych w niepublikowanej pracy doktorskiej autora z 2004 roku: *Rola centralnego systemu wykonawczego pamięci roboczej w krótkotrwałym przechowywaniu informacji. Badanie metodą generowania interwałów losowych.*

² Przywoływane koncepcje pamięci roboczej opisane zostały szerzej przez Piotrowskiego, Stettnera, Orzechowskiego i Balasa (2009)

łej posiadające resztkową aktywację (*residual activation*).

Według koncepcji Cowana (1995) najbardziej dostępne (zatem najszybciej przypominane) będą ślady znajdujące się w ognisku uwagi. Halford, Maybery i Bain (1988) wykazali, że dla niewielkich rozmiarów zbioru (około czterech elementów) nie występuje zjawisko interferencji proaktywnej. Nowo nabywane elementy nie wpływają na pogorszenie odpamiętywania wcześniej zapamiętanych. Na podstawie powyższych obserwacji można wnioskować, że system pamięci roboczej może przechowywać przez jakiś czas około czterech elementów, których dostępność dla podmiotu jest porównywalna i bardzo wysoka. Wickens, Moody i Vidulich (1985) przeprowadzili badania w paradygmacie przeszukiwania pamięci (MST: *memory search task*; Sternberg, 1966) i wykazali, że dla małych zbiorów elementów (2 lub 4) czas rozpoznania był dłuższy, gdy między etap uczenia się i rozpoznania wprowadzono dodatkowe zadanie dystrakcyjne, niż gdy rozpoznanie następowało bezpośrednio po prezentacji. Wyniki te można interpretować w kategoriach stanów uwagowych i nieuwagowych. Odroczenie etapu rozpoznania wraz z zaangażowaniem uwagi w zadanie dystrakcyjne spowodowało, że materiał zapamiętywany w pierwszym etapie znalazł się w stanie nieuwagowym, czego przejawem było zmniejszenie się szybkości udzielania odpowiedzi.

McErlee (1998, 2001), analizując czasy odpowiedzi, wyróżnił dwie szybkości odpamiętywania materiału. Większa prędkość odpamiętywania związana jest z niewielką liczbą elementów w pamięci, które znalazły się w ognisku uwagi. Aktywację tych elementów przez skierowanie na nie uwagi McErlee określa jako stany uwagowe pamięci roboczej. Niższa prędkość związana jest z wszystkimi informacjami, na które nie jest aktualnie skierowana uwaga (stany nieuwagowe).

W badaniach McErlee (2001) wykorzystano procedurę przeszukiwania pamięci (MST). Badanym prezentowano sekwencyjnie listę liter

(czas prezentacji każdej litery wynosił 400 ms), następnie pojawiała się litera, którą badani mieli zaklasyfikować, jako należącą lub nienależącą do listy. W każdym etapie, badani proszeni byli o udzielenie odpowiedzi dopiero po usłyszeniu sygnału. Sygnał pojawiał się w różnym czasie po prezentacji szukanej litery. Badani byli ćwiczeni do udzielania odpowiedzi w ciągu 100 – 300 ms po sygnale dźwiękowym. Sygnały prezentowano w różnych interwałach czasowych odraczając odpamiętanie od 100 do 3000 ms. Uzyskane wyniki poprawności podzielono na trzy poziomy w zależności od długości czasów odroczenia. Pierwszy poziom, charakteryzujący się najkrótszymi czasami, jest związany z najłagodniejszym wykonywaniem zadania, nie różniącym się od losowego udzielania odpowiedzi. Drugi poziom związany jest ze wzrostem trafności wykonania zadania. Trzeci poziom (najdłuższe czasy) charakteryzuje się wyhamowaniem wzrostu trafności, poprawność osiąga wartość asymptotyczną.

Podobne wyniki uzyskał McErlee (1998) w badaniach z wykorzystaniem słów. Wykazał, że poprawność rozpoznania zależy od pozycji elementu na liście (efekt pozycji). Najpoprawniej odpamiętywane są ok. trzy ostatnio prezentowane elementy. Gdy badani mieli wykonywać dodatkowe zadanie poznawcze przed udzieleniem odpowiedzi, efekt pozycji zniknął. Wyniki te mogą świadczyć o lepszej dostępności materiału znajdującego się w ognisku uwagi (w stanie uwagowym pamięci). Według McErlee czas udzielania odpowiedzi nie odzwierciedla wyłącznie dostępności związanej ze skupieniem uwagi, ale także dostępność związaną z siłą bodźca lub z efektem podobieństwa. Badacz ten rozróżnił dwa rodzaje dostępności: *accessibility* – dostępność zależną od procesów uwagi (wrażliwość pamięci) oraz *availability* – dostępność zależną od siły śladu pamięciowego (siła pamięci).

Oberauer (2001) wiąże stany nieuwagowe z procesem dopasowywania bodźca próbnego do bodźca przechowywanego w pamięci na podstawie podobieństwa (*familiarity matching*). Stany

uwagowe wiąże z kolei z procesem przypominania (*recollection*). Dopasowanie dokonuje się w oparciu o porównanie cech i wysoki poziom aktywacji reprezentacji, zachodzi szybko i równoległe z analizą bodźca próbnego. Drugie źródło informacji pochodzi z procesu przypominania przywołującego z pamięci specyficzne sytuacje, w których bodziec został zapamiętany. Ten proces przebiega dłużej niż dopasowanie. Rozpoznawanie bodźca w zadaniu MST byłoby, zatem oparte na dwóch procesach, z których przypominanie zależałoby od aktualnie skierowanej uwagi, zaś dopasowanie - od podobieństwa i dostępności reprezentacji. Oberauer przyjmuje dwufazowy model rozpoznawania informacji przechowywanej w pamięci roboczej (por. Chuderski i Orzechowski, 2005).

INTENSYWNOŚĆ-EKSTENSYWNOŚĆ UWAGI W PAMIĘCI ROBOCZEJ.

Wolfe, Cave i Franzel (1989) zaproponowali wyjaśnienie procesu przeszukiwania informacji w pamięci roboczej poprzez dwie fazy: (1) tworzenie „mapy aktywacji ogólnej” oraz (2) sekwencyjne przeszukiwanie najbardziej aktywnych miejsc tej mapy.

Tworzenie mapy polega na tym, że informacje w sieci są aktywowane przez procesy odolne (*bottom-up*) i odgórne (*top-down*). Stan tworzenia mapy ogólnej aktywacji informacji w pamięci roboczej, można zatem utożsamiać z przydzielaniem zasobów uwagi wielu elementom, potrzebnym do dalszej pracy. W przypadku części informacji (magazynowanych pasywnie, czyli przez dłuższy czas pozostających poza ogniskiem uwagi, por: McErlee, 2001), zasoby tak przydzielane są niewystarczające na to, by je świadomie analizować, ale wystarczające by dokonywało się ich grupowanie ze względu na pojedyncze cechy (np. na cechy fizyczne).

Uwaga ekstensywna charakteryzuje się obejmowaniem wielu elementów, jednak bez

przetwarzania ich na poziomie głębokim (Kolańczyk 1992, 2009). Charakterystyka aktywna stanów pasywnych w pamięci roboczej pozwala wiązać je z uwagą działającą ekstensywnie. Uwaga ekstensywna, prawdopodobnie, może się intensyfikować w wyniku nałożenia się (wzmocnienia) aktywacji elementów związanych ze sobą ze względu na podobieństwo kategoriale. Taki mechanizm byłby bardzo ekonomiczny przy ograniczonych zasobach pamięci roboczej (por. *chunking*). Allen, Baddeley i Hitch (2006) wiążą łączenie (*binding*) informacji w większe całości z pracą bufora epizodycznego. Jednocześnie stwierdzają, że procesy te nie wymagają dużych zasobów uwagi przydzielanych przez centralny system wykonawczy. Powyższe wyjaśnienie aktywacyjne, związane z funkcjonowaniem uwagi ekstensywnej w pamięci roboczej, bardzo dobrze pasuje do opisu działania bufora epizodycznego

W fazie sekwencyjnej przeszukiwania informacji, uwaga będzie kolejno przyciągana (intensyfikowana) przez najbardziej zaktywowane powiązania informacji, a większa głębokość przetwarzania będzie pozwalała na porównanie przeszukiwanej informacji z reprezentacją celu zadania.

McErlee wykazuje jedynie znacznie lepszą dostępność elementów w ognisku uwagi, nie można jednak wnioskować o tym czy elementom poza ogniskiem nie jest przyznawana żadna pula uwagi. Zgodnie z modelem Cowana (1995), informacje przechowywane w pamięci roboczej mają pewien szczytkowy poziom aktywacji. Można zatem zadać pytanie, czy retencja, rozumiana jako bierne przechowywanie informacji w magazynie pamięci krótkotrwałej, jest stanem nieuważowym, czy wymaga zaangażowania uwagi? Problem dotyczy również tego, czy jeżeli retencja wymaga zasobów uwagi, to zasoby te są przyznawane przez centralny system wykonawczy. Czy opisywane przez McErlee (1998, 2001) stany „nieuważowe” nie korzystają z centralnych zasobów uwagowych?

BADANIA WŁASNE

Prezentowane eksperymenty wykorzystują zadanie w paradygmacie MST z modyfikacją. Między etapem prezentacji zbioru bodźców i etapem rozpoznawania, w warunku eksperymentalnym wprowadzono dodatkowe zadanie, wymagające przetworzenia bodźca próbnego. Przez pojawienie się konieczności dodatkowego przetwarzania, zostaje zaburzona możliwość przeszukiwania pamięci natychmiast po zapamiętaniu oraz powtarzania zapamiętanych informacji. Powyższa modyfikacja prowadzi do sytuacji, w której informacje zapamiętane w ciągu całego zadania muszą być przechowywane pasywnie.

Jako miarę zaangażowania centralnego systemu wykonawczego pamięci roboczej, wykorzystano generowanie interwałów losowych (GIL; por. Vandierendonck, De Vooght i Van der Goten, 1998, Piotrowski, 1999). W tej procedurze, osoby badane proszone są o nierytmiczne, losowe klikanie w klawisz reakcyjny. Ocenie losowości podlegają interwały czasowe między kolejnymi reakcjami. Zadanie GIL wymaga zaangażowania uwagi w hamowaniu silnej tendencji do rytmicznego kliknięć. Użycie tej procedury łącznie z zadaniem wymagającym pasywnego przechowywania materiału może wykazać, czy oba rodzaje zadań wykorzystują jedną, zarządzaną centralnie (wykorzystywaną jednocześnie przez zadanie GIL), pulę zasobów uwagi.

Wprowadzając warunki utrudniające powtórzenie zapamiętanych informacji można spodziewać się słabszej dostępności w zadaniach wymagających dodatkowego przetwarzania informacji przed udzieleniem odpowiedzi. Jeżeli pula zasobów uwagi jest jednorodna, to analiza ciągów interwałów wygenerowanych w trakcie wykonywania zadań powinna wykazać zaangażowanie centralnego systemu wykonawczego w przechowywanie pasywne (dłuższe zestawy bodźców powinny wymagać więcej zasobów uwagi).

EKSPERYMENTY I I II

Podobnie jak badania przytoczone przez McErlee (1998), poniższe eksperymenty opierają się na analizie pośrednich wskaźników zaangażowania uwagi (czas rozpoznawania i poprawność). Celem eksperymentów jest sprawdzenie, czy „przechowywanie pasywne” materiału werbalnego (eksperyment I) i wzrokowo-przestrzennego (eksperyment II) wymaga przydziału zasobów uwagi.

Osoby badane

W eksperymentach wzięły udział 73 osoby, studenci I roku Geologii AGH w Krakowie. Badania przeprowadzono w pracowni informatycznej AGH. Wszystkie osoby wyraziły zgodę na udział w badaniach. Przebadano 47 kobiet i 26 mężczyzn. Średnia wieku wynosiła 19,5 lat. Eksperymenty I i II przeprowadzono na tych samych osobach. Połowa osób wykonywała eksperyment I jako pierwszy i po około dziesięciominutowej przerwie eksperyment II. Druga grupa wykonywała eksperymenty w odwrotnej kolejności.

Materiał

Do badań wykorzystano program komputerowy autorstwa K. T. Piotrowskiego i P. Winiarczyka. Program składał się z dwóch modułów, jeden miał mierzyć poprawność i czas wykonywania zadania głównego i zmodyfikowanego zadania MST (zadanie główne), drugi miał mierzyć poziom wykonania zadania dodatkowego GIL (zadanie dodatkowe).

Koncepcja zadania głównego została oparta na zadaniu eksperymentalnym MST. Oryginalna procedura, powtarzana także w innych badaniach, wykorzystywała zbiór pojedynczych znaków (liter lub cyfr). W celu zwiększenia pojemności materiału jednocześnie przechowywanego, i tym samym utrudnienia powtarzania (*rehearsal*) materiału, jako bodźców użyto par liter (eksperyment I) oraz par figur geometrycznych (eksperyment II). W tym samym celu skrócono

czas ekspozycji bodźców do 0,75s. Sternberg (1966) stosował czas prezentacji równy 1,2s. Nęcka, Orzechowski i Florek (2001) prezentowali bodźce przez 0,3s, 0,75s i 1s i wykryli, że osoby badane przy krótszych czasach reakcji stosują przetwarzanie równoległe.

W przypadku eksperymentu I, ograniczenie czasu było dość znaczne: w ciągu 0,75s trzeba było zapamiętać dwie litery i ich kolejność (por. Nairne, Whiteman i Kelley, 1999). Pary liter dobrano w taki sposób, by nie pojawiały się znane zbitki (np.: „wc”, „ab” itp.).

W eksperymencie II w miejsce liter wprowadzono figury geometryczne. Literom z eksperymentu I przypisano figury geometryczne i losowano je z analogicznej puli. Podobnie jak w poprzednim eksperymencie, w celu zwiększenia objętości jednocześnie przechowywanego materiału eksponowano badanym pary figur.

Program GIL zliczał kliknięcia przyciskiem myszki. Jeśli program nie zarejestrował reakcji osoby badanej przez 5s tło ekranu zmieniało kolor na zielony i utrzymywał się w takiej formie do kolejnego kliknięcia. Zastosowany sposób liczenia wyników GIL jest znacznie prostszy, choć mniej precyzyjny niż algorytmy proponowane przez Vandierendoncka (2000) czy Towse i Neil (1998). Przede wszystkim, uzyskiwany jest jeden wskaźnik losowości/rytmiczności. Przedstawiony sposób uwzględnia tylko jednostronne, pozytywne odchylenie wyników od losowości (*perseveration bias*). Analizę ograniczono z tego względu, że zarówno w przypadku generowania ciągu o przebiegu zbliżonym do rytmicznego, jak i odchylonego negatywnie (przynajmniej w ramach niedużych obejm czasowych interwałów) osoba badana musi zaangażować znaczne zasoby centralnego systemu wykonawczego, w pierwszym wypadku by utrzymać poziom losowy, w drugim, by aktywnie unikać powtarzania podobnych interwałów w krótkich odcinkach czasu.

W programie GIL zapisywane są kolejne momenty generowanego ciągu zdarzeń (stuknięć

w klawisz) t_1, t_2, t_3, \dots . Następnie obliczane są długości poszczególnych interwałów: $i_1 = t_2 - t_1$, $i_2 = t_3 - t_2, \dots$. Poszczególne interwały agregowane (grupowane) są w klasy (H_i) obejmujące okresy 5 ms. Tworzony jest histogram dla wszystkich klas. Ponieważ dla poszczególnych osób liczba kliknięć jest różna należy wyniki znormalizować. W tym celu stosowane są kolejno wzory (1) i (2)

$$sum = \sum H_i \quad (1)$$

$$gil = \sum_i \left(\frac{H_i}{sum} \right)^2 \quad (2)$$

gdzie *gil* to znormalizowany wskaźnik rytmiczności stukania, im wyższy, tym rytmiczniejszy ciąg wygenerowanych przez badanego interwałów. Wyższa wartość wskaźnika *gil* oznacza w praktyce, że jeden z interwałów powtarzał się częściej niż inne, z dokładnością do 5 ms, zatem ciąg odchyłał się pozytywnie od poziomu losowego. Procedura GIL została opisana m.in. przez Piotrowskiego (1999).

Procedura.

Oba eksperymenty oparto na planie 2 warunki x 3 wielkości zbioru elementów. W warunkach standardowych, po prezentacji serii elementów, pojawiała się na ekranie para elementów testowych. Badany miał odpowiedzieć, czy ta para była w prezentowanym zbiorze elementów.

W eksperymencie I, w warunkach progresywnym po prezentacji elementów, pojawiała się para liter w progresji alfabetycznej. Litery, o które pytano były zastępowane przez litery następujące po nich w kolejności alfabetycznej, np.: pytając o parę „fh” na ekranie pojawiała się para „gi”. Badany zanim udzielił odpowiedzi musiał w pamięci „cofnąć” obie pokazane litery o jedną literę w alfabecie.

W eksperymencie II, w warunkach progresywnym, na ekranie, po prezentacji serii elementów,

pojawiała się para figur, obróconych o 45° w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara). Zanim osoba badana udzieliła odpowiedzi musiała dokonać rotacji wstecznej o 45°.

W obu eksperymentach, badani byli instruowani ustnie, co do strategii rozwiązywania zadania. Uczestnicy rozpoczynali badanie, po upewnieniu się przez eksperymentatora, że rozumieją, na czym polega zadanie.

W obu warunkach eksperymentalnych manipulowano wielkością zestawu elementów. Zestaw mógł zawierać 3, 5 lub 7 bodźców. Zadania zostały ułożone w sześć sekwencji. W każdej sekwencji prezentowano zadania 3, 5 i 7 elementowe (w opisie wyników będą one określane skrótowo: 3el, 5el i 7el) w podanej kolejności (patrz Tab. 1.). W obu warunkach, niezależnie od wielkości zbioru, ustalono równą liczbę poprawnych odpowiedzi wymagających reakcji „tak” (element o który pytano, był prezentowany w zbiorze) i reakcji „nie” (element, o który pytano, nie był prezentowany w zbiorze).

Zadaniem dodatkowym było generowanie interwałów losowych. By uniknąć zmęczenia i zwiększania rytmiczności stukania zadanie GIL było dołączane tylko w drugiej, czwartej i szóstej sekwencji zadań (Tab. 1).

Ze względu na konieczność dołączania zadania GIL warunki były zblokowane, jednak osoby badane podzielone zostały na grupy, tak by jedna część wykonywała w pierwszej kolejności zadania w warunkach standardowych (38 osób), a druga w warunkach progresywnych (35 osób).

Tab.1. Plan eksperymentów I i II

Rodzaj zadania (liczba eksponowanych par liter i próbkowanie GIL)

Warunek standardowy	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7
	+ GIL		+ GIL		+ GIL	
Warunek progresywny	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7	3 5 7
	+ GIL		+ GIL		+ GIL	

Hipotezy

H1. W seriach o większej liczbie elementów do zapamiętania wykonanie będzie się pogarszać.

H2. Silniejsze pogorszenie wyniku wystąpi w zadaniach progresywnych.

H3. Jeżeli przechowywanie pasywne zależne jest od zasobów uwagi, ciągi generowane w zadaniu GIL będą bardziej rytmiczne dla większych zbiorów elementów. Jeśli zasoby centralnego systemu wykonawczego nie są stale zaangażowane w przechowywanie, ciągi interwałów generowane w zadaniu GIL będą miały ten sam poziom rytmiczności, niezależnie od wielkości zapamiętywanego zbioru elementów.

H4. Zadanie GIL będzie wykonywane bardziej rytmicznie w warunkach progresywnych niż w standardowych.

H5. Zadanie GIL będzie wykonywane mniej rytmicznie jako zadanie pojedyncze.

H6. Czas reakcji będzie się zwiększał w obu warunkach wraz ze wzrostem liczby elementów do zapamiętania.

Wyniki eksperymentów I i II.

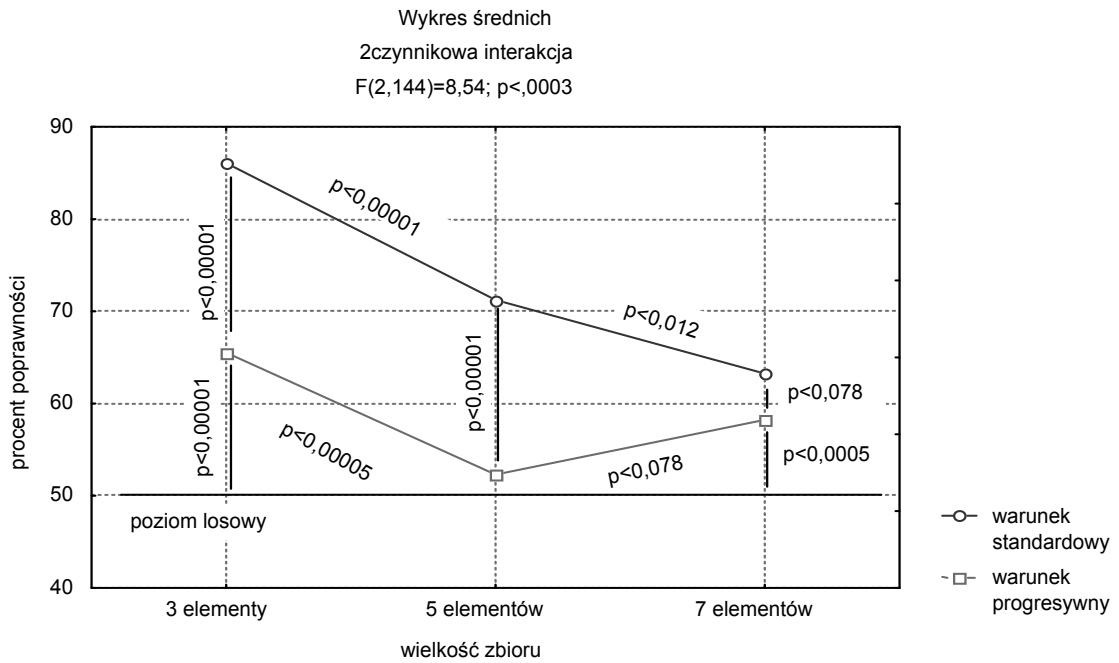
Kolejność wykonywania eksperymentów nie wpłynęła na różnice w poprawności między warunkami ani między różnymi wielkościami zbioru. Kolejność nie wpłynęła także na czas odpowiedzi ani na poziom rytmiczności w zadaniu GIL.

Eksperyment I.

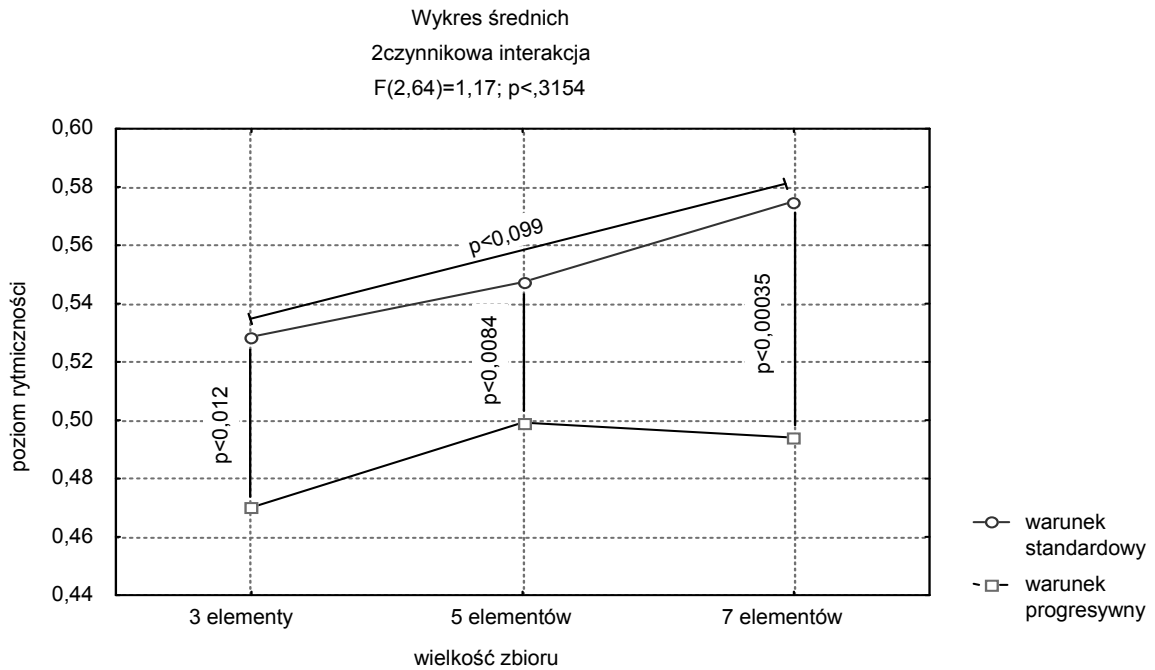
Osoby badane udzielały bardziej poprawnych odpowiedzi w warunkach standardowych (średnia = 13,23) niż progresywnych (średnia = 10,56). Różnice średnich są istotne na poziomie $p < 0,001$ ($F_{(1,72)} = 47,71$). W warunkach standardowych wystąpiło liniowe pogorszenie poprawności (Rys. 1.).

Poprawność dla zbioru 5el była na poziomie losowym. Wyniki poprawności dla zbioru 3el oraz 7el są istotnie wyższe od poziomu losowego.

W warunkach standardowych poprawność była istotnie wyższa niż w warunkach progresywnych dla



Rys. 1. Eksperyment I. Zależność poziomu średniej liczby poprawnych odpowiedzi od interakcji warunku i wielkości zbioru.



Rys. 2. Eksperyment I. Zależność poziomu rytmiczności od interakcji warunku i wielkości zbioru.

3el ($p < 0,001$, $F_{(1,72)} = 46,71$) i dla 5el ($p < 0,001$; $F_{(1,72)} = 25,68$).

W warunku standardowym różnica poprawności między zbiorem 3el i 5el były istotne na poziomie $p < 0,001$ ($F_{(1,72)} = 25,24$), a między 5el i 7el – na poziomie $p < 0,05$ ($F_{(1,72)} = 6,63$). W warunku progresywnym istotna była tylko różnica między 3el i 5el ($p < 0,001$; $F_{(1,72)} = 18,86$).

Czasy udzielania odpowiedzi w warunku standardowym były istotnie krótsze niż w progresywnym ($F_{(1,72)} = 95,50$; $p < 0,001$). Czasy odpowiedzi nie różniły się istotnie w zależności od wielkości zbioru ani w warunku standardowym ani w progresywnym.

Rytmiczność generowanych interwałów była wyższa w warunku standardowym ($gil_{std} = 0,362$) niż w warunku progresywnym ($gil_{prg} = 0,337$). Różnica między warunkami była istotna ($p < 0,01$ ($F_{(2,30)} = 7,22$)). Różnice między rytmicznością GIL bez zadania głównego a poziomem rytmiczności w warunku standardowym i progresywnym są istotne (odpowiednio: $F_{(1,31)} = 96,01$; $p < 0,001$ i $F_{(1,31)} = 74,08$; $p < 0,001$).

Analiza poziomu rytmiczności w zależności od interakcji warunku i wielkości zbioru (braki danych usunięto przypadkami, analizie poddano wyniki 32 osób) nie wykazała istotnych różnic między zadaniami. Istotne różnice wykryto między warunkami dla 3el ($F_{(1,31)} = 7,18$; $p < 0,05$), 5el ($F_{(1,31)} = 7,90$; $p < 0,01$) i 7el ($F_{(1,31)} = 16,08$; $p < 0,001$). Powyższe zależności ilustruje rysunek 2.

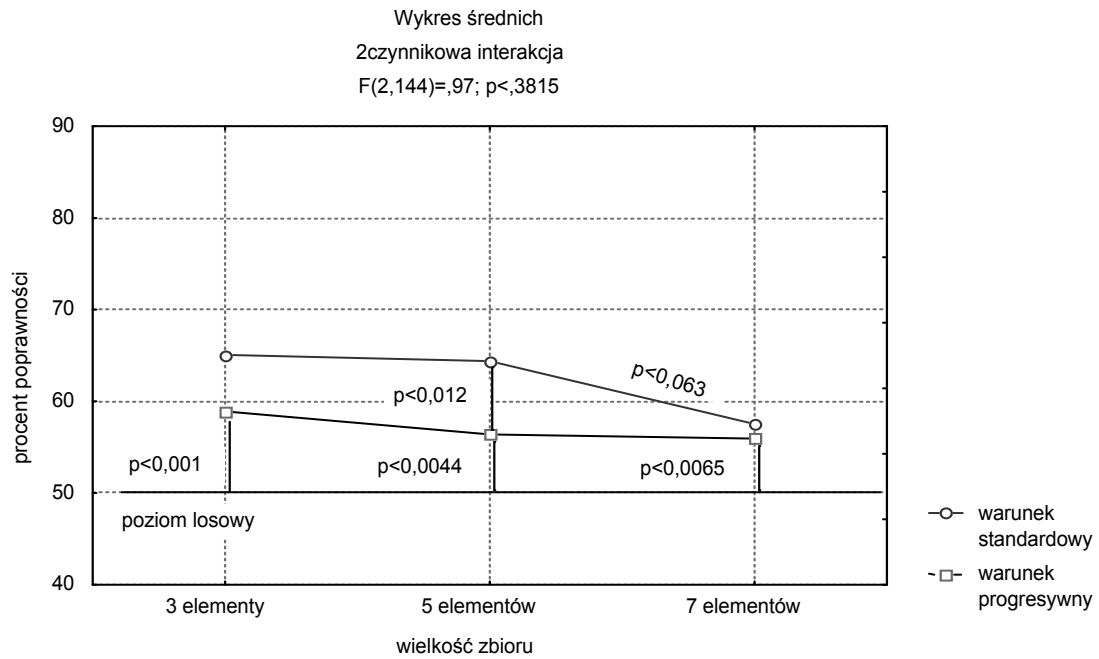
Dyskusja wyników.

W obu warunkach wystąpiło spodziewane pogorszenie się poprawności wraz ze wzrostem liczby elementów w zbiorze, co jest zgodne z hipotezą H1. Większa liczba popełnianych błędów w obszerniejszym materiale świadczy o ograniczonej pojemności fonologicznego podsystemu pamięci roboczej. Brak zależnych od wielkości zbioru różnic w czasach odpowiedzi świadczy o tym, że elementy zbioru nie były przechowywane aktywnie (nie były powtarzane w pętli fonologicznej). Brak różnic w czasach odpowiedzi

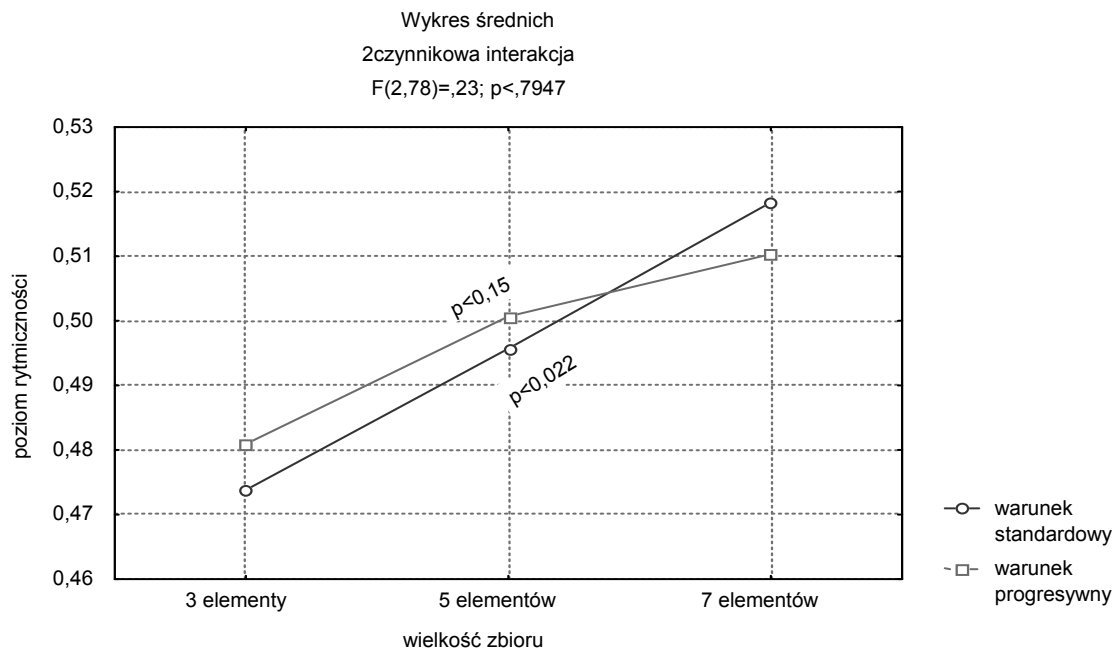
świadczy także o tym, że badani przeszukiwali pamięć tak samo długo, niezależnie od tego, ile elementów mieli zapamiętywać. Prawdopodobnie przeszukiwali tylko tę część elementów, które były jeszcze dostępne na poziomie pozwalającym na ich identyfikację i nie znajdowały się w ognisku uwagi.

Negatywny wpływ warunku progresywnego na rozpoznanie bodźców (zgodny z hipotezą H2) można wiązać zarówno z zaangażowaniem zasobów uwagi w przypominanie alfabetu, z odroczeniem czasowym udzielania odpowiedzi, jak i z interferencją ze strony informacji przywoływanych z pamięci długotrwałej (kolejność alfabetyczna). Wyniki dla serii pięcio- i siedmioelementowych w warunku progresywnym, mogą sugerować, że część osób badanych przestała sobie całkowicie radzić z zadaniem. Podobnie można tłumaczyć mniejszą rytmiczność wykonywania zadania GIL w warunku progresywnym.

Wykonywanie zadania GIL nieznacznie zrytmizowało się w wyniku zwiększenia liczby elementów w zbiorze w warunku standardowym, co skłania do wnioskowania o nieznacznym zaangażowaniu zasobów uwagi w przechowywanie pasywne (hipoteza H3). Alternatywnym wyjaśnieniem może być zwiększenie przydzielania zasobów uwagi procesowi przeszukiwania pamięci w liczniejszych zbiorach. Jednak bardziej intensywnemu przeszukiwaniu powinien towarzyszyć wzrost czasu rozpoznawania, którego nie zaobserwowano. Ponadto fakt, że wprowadzenie zadania progresywnego, silnie angażującego zasoby uwagi, spowodowało znaczne pogorszenie wyników, może świadczyć o tym, że aktywne zaangażowanie uwagi powoduje odebranie jej procesowi przechowywania, czego efektem jest słabsze rozpoznawanie. Być może nie powinno się ostro rozgraniczać stanów uwagowych i nieuwagowych (McErlee, 1998), ale raczej mówić o stanach silnie uwagowych (ognisko uwagi) i stanach o mniejszym natężeniu uwagi (analog widzenia peryferycznego). Podobne rozumienie



Rys. 3. Eksperyment II. Zależność poprawności od interakcji warunku i wielkości zbioru.



Rys. 4. Eksperyment II. Wykres zależności poziomu rytmiczności od interakcji warunku i wielkości zbioru.

uwagi w systemie pamięci roboczej przedstawia Oberauer (2002).

W obu warunkach wystąpiło chwilowe zaangażowanie uwagi, o czym świadczy istotna różnica między wykonaniem zadania GIL, jako zadania pojedynczego a generowaniem interwałów losowych równocześnie z innym zadaniem. Wyniki te są zgodne z hipotezą H5.

W warunku progresywnym poziom rytmiczności nie tylko nie jest większy, ale jest istotnie niższy, co podważa hipotezę H4. Wyjaśnienie tej części wyników można oprzeć na łącznej analizie poziomu rytmiczności i poprawności w obu warunkach. Bardzo niska poprawność w warunku progresywnym może przypuszczalnie świadczyć o tym, że zasoby poznawcze zostały przeznaczone na poprawne wykonanie zadania, które daje większą szansę sukcesu. Innymi słowy część osób badanych uznała, iż nie jest w stanie poprawnie rozwiązać zadania głównego, w związku z czym uwaga została przydzielona zadaniu dodatkowemu (generowaniu interwałów), które dawało większą szansę na poprawne wykonanie.

Eksperyment II

Badani udzielali bardziej poprawnych odpowiedzi w warunku standardowym (średnia = 11,22) niż w progresywnym (średnia = 10,27; $F_{(1,72)}=8,97$; $p<0,005$). W warunku progresywnym, wszystkie wyniki poprawności były istotnie wyższe od poziomu losowego (por rys.3).

Różnice poprawności między 3el, 5el i 7el były nieistotne w warunku standardowym i progresywnym (rys.3). Pogorszenie poprawności na poziomie trendu pojawiło się w warunku standardowym między 5el i 7el ($F_{(1,72)}=3,56$; $p<0,064$). W warunku standardowym, poprawność dla 7el była niższa niż dla 3el ($F_{(1,72)}=4,40$; $p<0,05$). Różnice średnich poprawności między warunkami były istotne tylko dla 5el ($F_{(1,72)}=6,70$; $p<0,05$).

Średni czas odpowiedzi w warunku progresywnym był istotnie dłuższy niż w standardowym ($F_{(1,72)}=36,13$; $p<0,001$). Czasy odpowiedzi w obu

warunkach nie różniły się istotnie ze względu na wielkość zbioru.

Zwiększanie wielkości zbioru zwiększało rytmiczność GIL w warunku standardowym (Rys. 4). Różnica między poziomem rytmiczności w 3el i 7el była istotna ($F_{(2,84)}=4,03$; $p<0,05$). Mimo, że różnice między poziomem rytmiczności dla 5el a pozostałymi wielkościami zbiorów nie były istotne, widać liniowy wzrost rytmiczności. Różnice w poziomie rytmiczności w zależności od wielkości zbioru nie są istotne w warunku progresywnym.

Różnice między poziomem rytmiczności w zadaniu pojedynczym GIL a rytmicznością w warunku standardowym i progresywnym są istotne (odpowiednio: $F_{(1,42)}=85,29$; $p<0,001$ oraz $F_{(1,42)}=68,95$; $p<0,001$). Różnica w wartości wskaźników rytmiczności między warunkami nie jest istotna statystycznie.

Dyskusja wyników.

Eksperyment II przynosi bardziej wiarygodne dowody na zaangażowanie zasobów uwagi w trakcie krótkotrwałego przechowywania informacji. Podobnie jak w eksperymencie I, brak różnic w czasach reakcji w zależności od wielkości zbioru mógłby przemawiać za tym, że elementy przechowywane były pasywnie, bez powtórnego kierowania uwagi na ślady pamięciowe po zarejestrowaniu przez system pojawienia się danego elementu.

Interesującym wynikiem jest brak wpływu wielkości zbioru zarówno na czas odpamiętywania jak i na poprawność. Brak przetargu między czasem odpowiedzi i poprawnością w eksperymencie II, można tłumaczyć słabym dostępem do informacji przechowywanych w pamięci roboczej. Poprawność w obu warunkach osiągnęła wprawdzie poziom istotnie wyższy od losowego, jednak wyniki te ogólnie były bardzo niskie. Można zatem wnioskować, że pojemność pamięci roboczej dla informacji wizualnych jest niewielka. Analiza pojemności wzrokowo-przestrzennej pamięci roboczej, dokonana przez

Shah i Miyake (1996), również sugeruje mniejszą pojemność wzrokowo-przestrzennej pamięci roboczej.

Fakt, że wprowadzenie warunku progresywnego, nie spowodowało zmian w rytmiczności GIL, może znaczyć, że zasoby uwagi zostały wykorzystane do maksimum (efekt podłogowy) w obu warunkach. Na korzyść takiego wniosku może świadczyć niższa poprawność w warunku progresywnym. Różnice rytmiczności generowania interwałów losowych w zależności od wielkości zbioru w warunku standardowym, przy niskiej poprawności i braku różnic w czasie odpamiętania, mogą świadczyć o zaangażowaniu centralnego systemu wykonawczego w krótkotrwałe przechowywanie materiału wzrokowo-przestrzennego. W eksperymencie II badani musieli przydzielać coraz większym zbiorom, coraz więcej uwagi, by utrzymać minimalny poziom poprawności.

DYSKUSJA OGÓLNA.

Zadaniem obu eksperymentów było sprawdzenie, czy „przechowywanie pasywne” wymaga zasobów uwagi. Taki postulat został wcześniej sformułowany przez Baddeleya: „Przypuszczam, że wszystkie zadania na pamięć roboczą wykorzystują, choćby minimalnie, centralny system wykonawczy” (Baddeley, 1993, str. 167). Dotyczy on zatem także retencyjnej funkcji pamięci roboczej.

Proces przetwarzania informacji może zabierać zasoby zarówno elementom znajdującym się w ognisku uwagi (przez skupienie uwagi na innych elementach niezbędnych do wykonania zadania), jak i elementom przechowywanym pasywnie w pamięci roboczej. Określenie „przechowywanie pasywne” czy „nieuwegowe stany pamięci roboczej” w świetle uzyskanych wyników nie opisują trafnie roli uwagi w krótkotrwałym przechowywaniu informacji. Rozdzielenie przez Baddeleya (1986) magazynu i aktywnej pętli powtórzeniowej w podsystemie fonologicz-

nym oraz przez Logie (1995) podobnych struktur w podsystemie wzrokowo-przestrzennym jest, jak się wydaje, zbyt uproszczeniem.

Koncepcja pętli powtórzeniowej sugeruje, że stan aktywny jest możliwy jedynie w krótkich okresach, w których uwaga kierowana jest na konkretną informację. Przez pozostały czas informacja biernie „oczekują” na następne skierowanie na nie uwagi. Jeżeli ono nie nastąpi informacja przestaje być dostępna. Na podstawie analizy rytmiczności wygenerowanych interwałów losowych w obu eksperymentach można przypuszczać, że elementom przechowywanym w magazynie fonologicznym jest przydzielana uwaga – choć na pewno nie znajdują się one w centrum świadomości. Co więcej wyniki powyższych eksperymentów wskazują, że zasoby uwagi są zaangażowane w przechowywanie niezależnie od tego czy przechowujemy materiał słowny czy wizualny.

Ognisko uwagi związane jest przez Cowana (1995) z uwagą świadomą, natomiast pozostałe aktywne ślady pamięciowe nie znajdują się w centrum świadomości, są jednak w „polu” działania uwagi. Jednak przydział zasobów centralnego systemu wykonawczego ogranicza się w tym modelu do kierowania ogniska uwagi (ograniczonego pojemnościowo). Wyniki eksperymentów pozwalają przypuszczać, że centralny system wykonawczy jest zaangażowany, chociaż w niewielkim stopniu w przechowywanie zaktywowanych elementów także poza ogniskiem uwagi.

Rozróżnienie uwagi w zależności od jej intensywności i obszaru, na który jest skierowana, sformułowała Kolańczyk (1992) konstruując koncepcję uwagi intensywnej i ekstensywnej. Analogiem ogniska uwagi w rozumieniu Cowana i Oberauera, może być uwaga intensywna, która ma mały zakres, ale elementy, na które jest skierowana, są przetwarzane na poziomie głębokim. Z kolei uwaga ekstensywna obejmuje znacznie szersze pole, jednak pozwala na przetwarzanie jedynie na poziomie płytkim. Używając powyż-

szego modelu można wyjaśnić wyniki uzyskane w obu eksperymentach. Istotne jest założenie, że oba rodzaje uwagi współwystępują w różnym natężeniu, nie można prawdopodobnie wyodrębnić stanów uwagi całkowicie intensywne lub całkowicie ekstensywne.

Używając metafory widzenia ocznego (Fernandez-Duque i Johnson, 1999) można powiedzieć, że czasem ignorujemy widzenie peryferyczne, jednak nigdy nie udaje się nam go wyłączyć (o czym może świadczyć choćby odruch orientacyjny, gdy silny bodziec pojawi się w peryferyjnym polu widzenia). Posner (1999) zauważa, że nie można twierdzić, że badany nie jest świadomy istnienia elementów poza celem spostrzeżenia. Podmiot jest przeważnie świadomy przynajmniej istnienia tła. Podobnego mechanizmu można się spodziewać w odniesieniu do uwagi w pamięci roboczej. Nie można powiedzieć, że badany nie jest świadomy istnienia innych elementów w pamięci, jednak dostęp do nich jest ograniczony, w porównaniu z informacjami znajdującymi się w ognisku uwagi. Centralny system wykonawczy intensyfikuje uwagę na bodźcach aktualnie przetwarzanych lub przypominanych (ognisko uwagi), pozostałe zaś znajdują się w polu działania uwagi ekstensywnej.

Ze względów ekonomicznych, przechowywane informacje nie mogą ciągle znajdować się w ognisku uwagi. Jednocześnie, całkowita utrata dostępu do informacji, które pojawiły się przed chwilą, mogłaby być dla organizmu niebezpieczna. Uwaga ekstensywna, pozwala przechowywać, w stanie niskiej aktywności, wiele informacji (w porównaniu z możliwościami uwagi intensywnej). Centralny system wykonawczy przeznacza część zasobów na utrzymanie uwagi ekstensywnej. Pojmując w ten sposób rolę centralnego systemu wykonawczego pamięci roboczej w krótkotrwałym przechowywaniu informacji, można przewidywać, że im bardziej skupiamy uwagę na części przechowywanych elementów, tym bardziej zawęża się pole uwagi

(lub uwaga skierowana na dane pole staje się bardziej intensywna). Efekty zgodne z powyższym wnioskowaniem można było zaobserwować porównując warunki standardowe i progresywne w prezentowanych badaniach.

Wyniki eksperymentów pozwalają na wnioskowanie o istnieniu różnic w przechowywaniu i przetwarzaniu informacji fonologicznych i wizualnych. Można przypuszczać, że system pamięci roboczej jest w stanie przechowywać mniej informacji o modalności wizualnej niż fonologicznej. Taki wniosek jest zgodny z koncepcją Logie (1995). Ze względu na różnice w prezentowanych bodźcach nie można stwierdzić, czy mniejsza pojemność podsystemu wzrokowo-przestrzennego wynika z natury tego systemu czy jest efektem przechowywania bardziej złożonych bodźców (zapamiętywania ich, jako zbioru cech a nie, jako jednolitej całości).

Ciekawym kierunkiem analiz procesów uwagowych, w kontekście pamięci roboczej, jest odniesienie ekstensyfikacji i intensyfikacji do funkcji buforu epizodycznego. Ten moduł pamięci roboczej ma za zadanie łączenie (*binding*) cech i obiektów w większe całości (Baddeley, 2000; Baddeley, Allen i Hitch, 2011). Co ciekawe, system ten w niewielkim stopniu angażuje centralny system wykonawczy, do tego stopnia, iż Baddeley, Allen i Hitch (2010) zastanawiają się, czy bufor nie jest jedynie pasywnym magazynem przechowującym, przez krótki czas, bardziej złożone elementy. Jeśli jednak w tym podsystemie dokonuje się łączenie informacji, może ono przebiegać niemal automatycznie. W kontekście wcześniejszych rozważań nad rolą uwagi ekstensywnej w stanach „pasywnych”, bufor epizodyczny mógłby być systemem wykorzystującym uwagę ekstensywną – łącząc w całości (czasem twórczo!) informacje pasywne przechowywane w pozostałych dwóch podsystemach (pętli fonologicznej i szkicownika wzrokowo-przestrzennym).

LITERATURA CYTOWANA.

- Allen, R.J., Baddeley, A.D. i Hitch, G.J. (2006) Is the binding of visual features in working memory resource-demanding? *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 298-313
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1993). Working memory or working attention? [W:] A. Baddeley i L. Weiskrantz (red.), *Attention: Selection, awareness, and control*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (2000) The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 11, 417-423.
- Baddeley, A.D., Allen, R.J. i Hitch, G.J. (2010) Investigating the episodic buffer. *Psychologica Belgica*, 50, 223-243
- Baddeley, A.D., Allen, R.J. i Hitch, G.J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49(6), 1393-1400
- Chuderski, A. i Orzechowski, J. (2005). Mechanizm dwufazowego przeszukiwania pamięci roboczej: model obliczeniowy. *Studia Psychologiczne*, 43(1), 37-50
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: an integrated framework*. Oxford: Oxford University Press.
- Engle, R. W., & Conway, A. R. A. (1998). Working memory and comprehension. In R. H. Logie, & K. J. Gilhooly, (Eds.), *Working memory and thinking*. East Sussex, UK: Psychology Press
- Fernandez-Duque, D., Johnson, M. L. (1999). Attention metaphors: How metaphors guide the cognitive psychology of attention. *Cognitive Science*, 23 (1), 83-116.
- Halford, G. S., Maybery, m., Bain, J. D. (1988). Set-size effects in primary memory: Age-related capacity limitation? *Memory & Cognition*, 16, 480-487.
- Kolańczyk, A. (1992). Uwaga w procesie przetwarzania informacji. W M. Materska i T. Tyszka (red.) *Psychologia i poznanie*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kolańczyk A. (2009). Trójczynnikiowy model intuicji twórczej. Niejawna samokontrola, uwaga ekstensywna i przewartościowanie znaczeń, [w:] J. Koziński (red.) *Nowe idee psychologii*. Gdańsk: GWP. s.40-65
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- McErlee, B. (1998). Attended and non-attended states in working memory: Accessing categorized structures. *Journal of Memory and Language*, 38, 225-252.
- McErlee, B. (2001). Working memory and focal attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 27, 817-835.
- Nairne, J.S, Whiteman, H.L., Kelley, M. R. (1999). Short – Term Forgetting of Order Under Conditions of Reduced Interference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: 52A(1)*, 241-251.
- Necka, E., Orzechowski, J., Florek, S. (2001, wrzesień). *Individual Differences in Strategies to Deal with Working Memory Tasks*. Poster na: XIIth Conference of European Society for Cognitive Psychology (ESCoP), Edinburgh, Szkocja, 5-8 września.
- Oberauer, K. (2001). Removing irrelevant information from working memory: A cognitive aging study with the modified Sternberg task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 27, 4, 948-957.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory. Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28 (3), 411-421.
- Piotrowski, K. (1999). Zadania konwergencyjne i dywergencyjne a pamięć robocza: Badanie metodą generowania interwałów losowych. *Czasopismo Psychologiczne*, T. 5, nr 2, 177-186.
- Piotrowski, K.T., Stettner, Z., Orzechowski, J. i Balas, R. (2009). Jak działa pamięć robocza?. [W:] J. Orzechowski, K.T, Piotrowski, R. Balas, Z. Stettner (red.), *Pamięć robocza (25-46)*. Warszawa: Academica
- Posner, M. I. (1999). Uwaga. Mechanizmy świadomości. W: Z. Chlewiński (red.), *Modele Umysłu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN
- Shah, P., Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125 (1), 4-27.
- Sternberg, S. (1966). High-Speed Scanning in Human Memory. *Science*, 155, 652-654.

- Towse, J.N. i Neil, D. (1998). Analyzing human random generation behavior: A review of methods used and a computer program for describing performance. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 30(4), 583-591.
- Vandierendonck, A. (2000). Analyzing human random time generation behavior: A methodology and computer program. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 32(4), 555 – 565.
- Vandierendonck, A., De Vooght, G. i Van der Goten, K. (1998). Does random interval generation interfere with working memory executive functions? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10(4), 413 – 442.
- Wickens, D. D., Moody, M. J., Vidulich, M. (1985). Retrieval time as function of memory set size, types of probes, and interference in recognition memory. *Journal of Experimental Psychology*, 11, 154-164.
- Wolfe J. M., Cave, K. R. i Franzel, S. L. (1989). Guided Search: An Alternative to the Feature Integration Model for Visual Search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3), 419-433.

Krzysztof T. Piotrowski

Teacher Training Centre;
Institute of Psychology
Jagiellonian University

ATTENTION AND PASSIVE STORAGE IN WORKING MEMORY.

Attention is one of the fundamental processes that enable the processing of information in working memory (WM). However, one of the functions of working memory is a short-term storage. The aim of the study was to verify hypothesis of attentional involvement in passive storage (retention) in WM. In dual task experiments participants were performed memory search task (MST), and a random time interval generation (task GIL). The verbal material was used in Experiment 1 and the visuo-spatial in Experiment 2. The results make the hypothesis credible. The passive storage of information in working memory requires very little attentional resources allocated by the central executive system. The similarities of extensive attention and the characteristics of passive states of WM are discussed.

Key words: working memory, attention, extensive attention, passive states, retention, random generation