

Zadania konwergencyjne i dywergencyjne a pamięć robocza. Badanie metodą generowania interwałów losowych

Krzysztof T. Piotrowski*

Instytut Psychologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

WORKING MEMORY AND CONVERGENT VERSUS DIVERGENT TASKS. AN INVESTIGATION
WITH THE USE OF THE RANDOM GENERATION OF TIME INTERVALS METHOD

The aim of the study was to find out whether the specificity of a currently solved problem influences the extent to which the central executive of working memory is occupied. It was assumed that the degree of occupation of central executive would be lower in the case of a divergent task compared to a convergent one. It was also hypothesised that central executive would be generally less engaged in the case of more intelligent individuals, regardless of the task condition. The degree to which central executive is currently occupied was assessed through the random generation of time intervals task (RGTI). According to this method, the more occupied one's central executive is the less able one is to generate random sequences of intervals. The results confirmed the first hypothesis: the degree of occupation of central executive was lower in the divergent task condition. The effects of intelligence did not exceed the required level of significance, although they were congruent with the expectations. It also turned out that the extent to which central executive was occupied depended interactively on participants' gender and level of intelligence.

WPROWADZENIE

Ćwierć wieku temu Baddeley i Hitch (1974) zaproponowali nowy model pamięci krótkotrwałej. Nazwali go modelem pamięci roboczej (*working memory*), w literaturze polskiej używa się również terminu „pamięć operacyjna”; Maruszewski, 1996). Pamięć robocza, w odróżnieniu od klasycznego ujęcia pamięci krótkotrwałej, z którym niektórzy badacze ją utożsamiają (Najder, 1991; Reber, 1995) nie jest tylko magazynem dla częściowo przetworzonych informacji. Pojęcie „pamięć robocza” podkreśla, że informacje gromadzone są po to, by zostać wykorzystane, a nie tylko dlatego,

że jeszcze nie są na tyle przetworzone, by móc je przekazać do magazynu pamięci długotrwałej (Smyth, Collins, Morris i Levy, 1994).

Baddeley (1996) podzielił funkcjonalnie pamięć roboczą na trzy podsystemy: pętlę fonologiczną (*phonological loop*), brudnopis wzrokowo-przestrzenny (*visuo-spatial sketchpad*) oraz centralny system wykonawczy (*central executive system*). Do tej pory najwięcej uwagi skupiono na pierwszym z podsystemów i jemu też poświęcono najwięcej badań (Vandierendonck, De Vooght i Van der Goten, 1998). Brudnopis wzrokowo-przestrzenny został wyodrębniony przez Baddeleya później (Baddeley, 1986), na podstawie badań nad zadaniami wzrokowymi i przestrzennymi (Smyth i in., 1994). Dopiero od niedawna zaczęto prowadzić badania nad tym podsystemem (Vandierendonck i in., 1998; Klauer i Stegmaier, 1997).

* Korespondencję na temat artykułu można kierować pod adresem: Krzysztof T. Piotrowski, Instytut Psychologii UJ, ul. Gołębia 13, 31-700 Kraków.
e-mail: krzych@apple.phils.uj.edu.pl

Centralny system wykonawczy jest konstruktem interesującym ze względu na swoją rolę w procesach pamięci, myślenia i uwagi, a jednocześnie trudnym do zbadania i słabo poznanym. Na szerszą skalę zaczęto się nim interesować dopiero w połowie lat osiemdziesiątych. Ze względu na słabo poznane mechanizmy rządzące działaniem tego podsystemu, Baddeley (1996) porównuje go do homunkulusa – małego człowieczka siedzącego w głowie i wykonującego pewne czynności, których skutki ujawniają się w zachowaniu.

Przeprowadzone eksperymenty rzuciły nieco światła na tę tajemniczą strukturę. O ile pętla artykulacyjna i brudnopis wzrokowo-przestrzenny działają w sposób automatyczny, to działalność centralnego wykonawcy jest w centrum świadomości, a nawet bywa utożsamiana z samą świadomością (Maruszewski, 1996). Ustalono również, że centralny system wykonawczy nie jest związany z żadną modalnością zmysłową. Ma natomiast ograniczoną pojemność, w tym znaczeniu, że nie jest w stanie obsługiwać wielu procesów jednocześnie. Centralny wykonawca przydziela „energię mentalną”, kieruje „strumień uwagi” na poszczególne zadania. Może wprowadzić obsługiwać kilka czynności jednocześnie, ale pod warunkiem, że nie są one zbyt absorbujące. Nasuwa się tu od razu podobieństwo z mechanizmami uwagi, szczególnie z modelem Kahnemana (1973). Centralny wykonawca byłby zatem poszukiwanym mechanizmem alokacji zasobów uwagi.

Na podstawie pracy Baddeleya (1996), można wyróżnić cztery główne funkcje centralnego wykonawcy, stanowiące obiekt badań. Pierwszą z nich jest koordynacja dwóch podsystemów pamięci roboczej – pętli artykulacyjnej i brudnopisu wzrokowo-przestrzennego. Badania nad tą funkcją prowadzi się obecnie w „paradygmacie podwójnego zadania” (Nęcka, 1994; Vandierendonck i in., 1998). Osoby badane rozwiązują jednocześnie dwa zadania, wymagające przydziału dużej puli zasobów pamięci roboczej. Aby prawidłowo wykonać jedno z zadań, centralny system wykonawczy musi przeznaczyć na nie więcej zasobów, co może dokonać się jedynie kosztem jakości wykonania zadania drugiego.

Drugą istotną funkcją centralnego wykonawcy jest przydzielanie zasobów uwagi podsystemom pamięci roboczej. Uwaga jest przydzielana różnym czynnościom, w zależności od potrzeb i wolnych zasobów. Mechanizmem przydzielającym

„energię mentalną” miał być hipotetyczny system nadzorczy uwagi („Supervisory Attentional System”, SAS, Norman i Shallice, 1980). Według Baddeleya (1996; 1998), funkcja SAS pokrywa się z zadaniami centralnego wykonawcy.

Trzecią funkcją tego podsystemu jest dbanie o selektywność uwagi, czyli dopuszczanie do dalszego przetwarzania pewnych informacji a odrzucaniu innych. Inaczej mówiąc, chodzi o mechanizm selekcji informacji wejściowych. Badania nad tym zagadnieniem prowadzono m.in. na grupie osób w podeszłym wieku. U starszych ludzi obserwuje się nadmierne rozszerzenie pola uwagi, przez co przetwarzają oni większą ilość nieistotnych informacji, a ponadto czynią to wolniej, niż ludzie młodszy. Centralny wykonawca jest w tym ujęciu traktowany jak rodzaj filtra uwagi, tym bardziej szczelnego im więcej trudnych operacji mentalnych jest wykonywanych naraz.

Czwartą funkcją jest zdolność centralnego wykonawcy do manipulowania informacjami przechowywanymi w pamięci długotrwałej. Pamięć robocza, będąca specyficznym ujęciem modelu pamięci krótkotrwałej, otrzymuje informacje zarówno z magazynów sensorycznych jak i z LTM. Centralny mechanizm wykonawczy jest w tym wypadku odpowiedzialny za wewnętrzne przeszukiwanie pamięci w celu odnalezienia odpowiednich informacji (Baddeley, 1996). Biorąc pod uwagę koncepcję pamięci długotrwałej, można przypuszczać, że centralny wykonawca selekcionuje i przydziela odpowiedni materiał z LTM do obu podległych podsystemów pamięci roboczej według rodzajów kodowania. Reprezentacje werbalne byłyby zatem przekazywane do pętli artykulacyjnej, a obrazowe do brudnopisu wzrokowo-przestrzennego. Dla naszych dalszych rozważań ważny jest fakt, że dobrze wyuczone grupy informacji z magazynu LTM (pewne zautomatyzowane czynności lub często powtarzane sekwencje zdań) potrzebują znikomych zasobów uwagi.

Ze względu na brak bezpośredniego związku centralnego systemu wykonawczego z przetwarzaniem materiału wzrokowego i fonologicznego, Baddeley (1986) zaproponował badanie tej struktury przy pomocy metody generowania sygnałów losowych. Zachowania losowe są krańcowym przeciwieństwem zachowań automatycznych. Czynności losowych nie da się wyuczyć – co wynika z samej ich natury. Próba ich generowania

wymaga od centralnego systemu wykonawczego przydziału zasobów uwagi i, w zależności od rodzaju zadania, wykorzystania odpowiednich magazynów pamięci roboczej.

Jeśli poprosimy osobę badaną, by wymieniała litery w przypadkowej kolejności, zadanie to będzie angażowało zasoby pamięci roboczej w wysokim stopniu, lecz jeśli dodatkowo poprosimy o wykonywanie innej umysłowej czynności, okaże się, że więcej liter pojawi się w kolejności znanej z alfabetu, lub w formie krótkich, dobrze znanych słów (np. ABC lub FBI, za: Smyth i in., 1994). Takie badania prowadził też Baddeley (1996). Jednak losowe podawanie liter może interferować z zadaniem kontrolnym na innej płaszczyźnie. Jeśli badany będzie wymieniał litery w kolejności przypadkowej i jednocześnie czytał lub liczył, nastąpi przeładowanie pętli artykulacyjnej, co na pewno pogorszy wyniki, lecz nie powie nam wiele o centralnym przydzielaniu zasobów uwagi. Jest też możliwa interferencja między pętlą artykulacyjną a brudnopisem wzrokowo-przestrzennym. Jest ona mniejsza niż w obrębie jednego podsystemu, ale występuje (Smyth i in., 1994).

Należało zatem znaleźć zadanie nie wymagające przetwarzania przez żaden z dwóch podsystemów. Rozwiązaniem okazało się generowanie interwałów czasowych. Stukanie w jedno miejsce, lub przyciskanie tego samego klawisza, nie podlega obróbce ani pętli artykulacyjnej ani brudnopisu wzrokowo-przestrzennego. Co więcej, stukanie rytmiczne jest czynnością naturalną, wykonywaną często i w sposób automatyczny. Z tego wniosek, że generowanie interwałów losowych (GIL), jako zadanie przełamujące naturalny automatyzm ludzkich czynności, będzie wymagało zaangażowania tylko centralnego wykonawcy.

Badania zespołu Vandierendoncka (Vandierendonck i in., 1998) wykazały słuszność powyższego stwierdzenia. Przeprowadzili oni cztery eksperymenty w paradygmacie podwójnego zadania. We wszystkich eksperymentach stosowali zadanie pamięciowe, w różny sposób zajmujące zasoby pamięci. W charakterze zadania dodatkowego użyli zadania wymagającego Generowania Interwałów Losowych (*Random Interval Generation*). Polega ono na nierytmicznym stukaniu badanego w jeden klawisz. Wyniki badań potwierdziły hipotezę, że GIL interferuje bezpośrednio z centralnym systemem wykonawczym, nie mając bezpośredniego wpływu na pracę pozostałych podsystemów pamięci roboczej.

Do tej pory, prowadząc badania nad pamięcią roboczą, zwracano uwagę na werbalny lub przestrzenny charakter zadania eksperymentalnego. Jednak nasuwa się pytanie, czy istnieją osobliwości w wykonywaniu różnego rodzaju zadań, niezależne od pracy któregośkolwiek z podsystemów pamięci roboczej. Innymi słowy, czy można znaleźć różnice w pracy centralnego wykonawcy, zależne tylko od rodzaju zadania. Nawiązując do tradycji guilfordowskiego podziału myślenia na dywergencyjne i konwergencyjne (Guilford, 1978), przyjęto rozróżnienie problemów na zamknięte i otwarte (por. Koziński, 1995; Maruszewski, 1996; Próchnicka, 1991; Nęcka, 1995).

Posługując się założeniem o ograniczonych zasobach uwagi, możemy przewidywać, że w warunkach zadania podwójnego wystąpią duże zakłócenia, zarówno w nierytmicznym stukaniu, jak i w zadaniu towarzyszącym. Generowanie interwałów losowych, jako zadanie nie podlegające automatyzacji, wymaga stałego i dużego zaangażowania uwagi. Zatem im więcej zasobów wymaga drugie zadanie, tym rytmiczniej będą stukać osoby badane. W sytuacji niedoboru zasobów wystąpi ostra rywalizacja między dwoma jednocześnie wykonywanymi zadaniami. Przydzielając zasoby mentalne zadaniu konwergencyjnemu lub dywergencyjnemu, centralny wykonawca musi je „odebrać” GILowi. W takim wypadku generowanie interwałów losowych będzie wypierane przez generowanie interwałów rytmicznych - czynność doskonale zautomatyzowaną, a więc nie obciążającą centralnego systemu wykonawczego.

Nasuwa się pytanie, czy zadania dywergencyjne i konwergencyjne będą się różnić pod względem wymaganej puli zasobów mentalnych. Zadania konwergencyjne, mając jedno możliwe rozwiązanie i zawierając w sobie wszystkie dane pozwalające znaleźć to rozwiązanie, wymaga przetrzymywania w pamięci roboczej dużej liczby informacji. STM musi przechowywać właściwie cały materiał składający się na zadanie, w celu analizy i wyodrębnienia istotnych danych. Zadanie konwergencyjne wymaga bardzo intensywnej analizy i poszukiwania odpowiednich reguł.

Natomiast zadanie dywergencyjne charakteryzuje się dużą liczbą możliwych rozwiązań, co już samo w sobie zwiększa prawdopodobieństwo sukcesu. Tego typu problemy nie zawierają wszystkich potrzebnych danych, co sprawia, że osoba badana musi ich poszukiwać poza sytu-

acja zadaniową. Obszarem eksploracji może być zarówno otoczenie, jak i pamięć długotrwała. Osoba rozwiązująca zadanie dywergencyjne nie musi obciążać pamięci dużą ilością informacji, ani skupiać się na ich dogłębnej analizie. Nie znaczy to jednak, że zadania dywergencyjne są z natury łatwiejsze. Można przecież tak dobrać zadania obu rodzajów, by procent poprawnych rozwiązań, obserwowany w populacji, był zbliżony. Mimo to, rozwiązywanie zadania dywergencyjnego powinno w mniejszym stopniu drenować zasoby mentalne.

W naszych badaniach posłużymy się, jako drugim zadaniem, generowaniem interwałów losowych (GIL), stawiając hipotezę, że stopień zrytmizowania GIL będzie większy podczas wykonywania zadania konwergencyjnego niż dywergencyjnego.

Druga hipoteza dotyczy sprawności przetwarzania informacji przez osoby o wyższej i niższej inteligencji. Wykonywanie czynności nieautomatyzowanych angażuje centralny system wykonawczy. Testy badające inteligencję zawierają zadania na tyle trudne, by tylko niewielka grupa osób mogła je prawidłowo rozwiązać. Można więc przypuszczać, że zadania te będą bardzo obciążały centralnego wykonawcę. Osoby bardziej inteligentne lepiej radzą sobie z trudnymi zadaniami, co oznacza, że przeciążona informacjami pamięć robocza działa bardziej efektywnie. Lepsza sprawność tej pamięci może wynikać z większej pojemności magazynów pamięciowych lub szybszego przetwarzania informacji. Inaczej mówiąc, by rozwiązać bardziej skomplikowane zadanie, trzeba przechowywać większą liczbę informacji naraz albo szybciej je przetwarzać. W ten sposób wykorzystywana jest większa ilość materiału, zanim zostanie zapomniany.

Należy jeszcze wspomnieć o różnych strategiach rozwiązywania problemów, które w gruncie rzeczy są stosowane po to, by zmniejszyć przeładowanie pamięci. Zatem osoby o wyższej inteligencji to te, które sprawniej zarządzają „polityką informacyjną” pamięci roboczej. Im bardziej zajęty jest centralny wykonawca, tym mniejsze są szanse na poprawne rozwiązanie zadania. Osoby inteligentne rozwiązują trudniejsze problemy, z czego można wnioskować, że ich centralny system wykonawczy jest ogólnie mniej przeciążony w porównaniu z osobami o niższej inteligencji. Generowanie interwałów losowych jest zadaniem, które bez wątplenia musi w dużym stopniu zajmować cen-

tralnego wykonawcę. Wyższy poziom rytmiczności oznacza, że centralny system wykonawczy jest bardziej obciążony. Przewidujemy zatem, że osoby o wyższym poziomie inteligencji będą generowały mniej rytmiczne interwały czasowe.

METODA

OSOBY BADANE

W badaniach wzięło udział 78 osób, studentów I roku geologii AGH w Krakowie. Testy przeprowadzono w ramach zajęć z informatyki (dwie godziny lekcyjne). Badani podzieleni byli na osiem grup. Ze względów natury organizacyjnej, poszczególne grupy były badane w różnych porach dnia. Wszystkie osoby wyraziły zgodę na udział w eksperymencie. Wśród badanych była znaczna przewaga kobiet (54). Mężczyzn było tylko 24.

MATERIAŁ I APARATURA

Jako głównego narzędzia pomiarowego użyto programu komputerowego, który został stworzony specjalnie na potrzeby niniejszych badań.

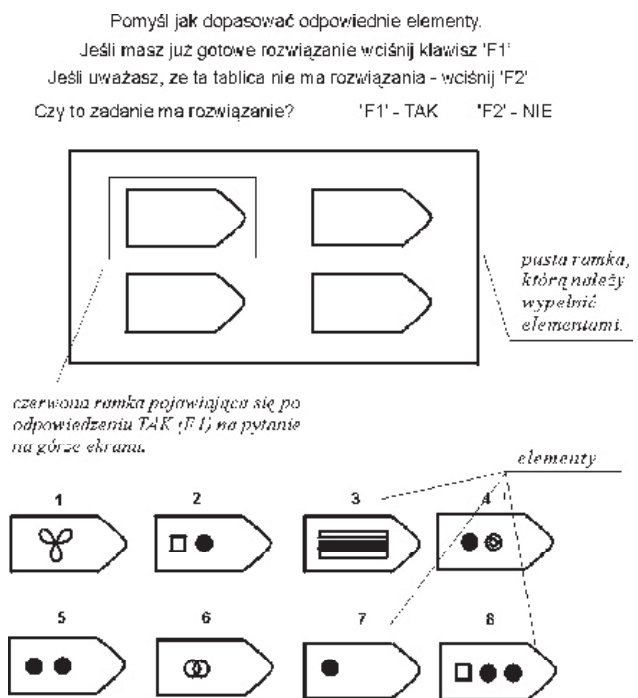
Test GIL. Program ten mierzy stopień rytmiczności wygenerowanego przez osobę badaną ciągu uderzeń w klawisz. Zadaniem osoby badanej było nierytmiczne stukanie w klawisz „+” w panelu kalkulacyjnym klawiatury. Badany był zobowiązany do stukania przynajmniej raz na 5 sekund, gdy przerwa w stukaniu przekraczała ten czas komputer sygnalizował to zmianą koloru tła ekranu z białego na zielony. Test GIL był stosowany łącznie ze zmodyfikowanym testem Matryc Ravena i z testem Układanka. Między wyświetleniem kolejnych pozycji tych testów na ekranie komputera pojawiał się tekst przypominający o konieczności nierytmicznego stukania. Zabieg ten wprowadzono, by uniknąć automatycznego rytmicznego stukania w ciągu całego badania.

Test Matryc Ravena – wersja zmodyfikowana. Jest to program komputerowy wykorzystujący 15 tablic wersji Testu Matryc Progresywnych dla Zaawansowanych (Raven, 1986). Na ekranie, na białym tle pojawiały się w ustalonej kolejności niekompletne wzory geometryczne, z podanymi poniżej ośmioma elementami do wyboru. Tylko

jeden element był dobrym dopełnieniem zadanego wzoru. Osoba badana miała za zadanie dopasować do wzoru jeden z ośmiu elementów, tak by kompletny wzór był uzasadniony logicznie. Elementy były oznaczone w porządku literą F i kolejną cyfrą od 1 do 8 (F1, F2, ..., F8). Badani dokonywali wyboru konkretnego elementu przez wciśnięcie odpowiadającego mu klawisza funkcyjnego (F1, F2, ..., F8). Tablice wyselekcjonowano kierując się kryterium trudności. Wybrano tablice o współczynniku trudności od .800 do .206 (Jaworowska i Szustrowa, 1991). Podzielono wybrane tablice na cztery grupy: pięć tablic o współczynniku trudności od .800 do .678, trzy tablice o współczynniku trudności od .673 do .608, pięć tablic o współczynniku trudności od .589 do .424, dwie tablice o współczynniku trudności .266 i .206. Liczba tablic w każdej grupie była identyczna jak dla procedury komputerowej Układanka (patrz niżej) i była podyktowana koniecznością zrównoważenia poziomów trudności obu testów. Wybrano z Testu Matryc Ravena (Wersja dla Zaawansowanych – TMZ; seria II) kolejno następujące tablice: 1, 2, 4, 11, 8, 7, 12, 14, 10, 16, 19, 20, 22, 24 i 26. Ponadto wybrano dwie tablice z serii I TMZ (8 i 10) do serii próbnej.

Test Układanka. Test komputerowy Układanka został zaprojektowany specjalnie dla potrzeb niniejszych badań. Składał się z 17 tablic (w tym dwie jako seria próbna). Na białym ekranie, w dolnej części pojawiały się elementy (w liczbie zależnej od serii) składające się z kombinacji figur geometrycznych. Elementy były oznaczone, każdy literą F i kolejną cyfrą od 1 do 8 (w serii trudniejszej, do 12). Powyżej pojawiała się ramka z zaznaczonymi miejscami w które należało wstawić wybrane elementy tworząc logiczny wzór (dla serii pierwszej był to wzór czteroelementowy – cztery puste miejsca, dla serii drugiej – sześć miejsc). Na górze ekranu pojawiał się następujący tekst: „Pomyśl jak dopasować odpowiednie elementy. Jeśli masz już gotowe rozwiązanie wciśnij klawisz F1. Jeśli uważasz, że ta tablica nie ma rozwiązania – wciśnij F2. Czy to zadanie ma rozwiązanie? F1 – TAK; F2 – NIE”. Rycina 1 pokazuje przykładowe rozmieszczenie bodźców na ekranie podczas rozwiązywania tego zadania.

Zadaniem osób badanych było udzielenie odpowiedzi na powyższe pytanie twierdząco (przyciskając klawisz F1) lub przecząco (przyciskając



Ryc. 1. Przykładowe rozmieszczenie bodźców na ekranie (test „Układanka”)

klawisz F2). W instrukcji ustnej przekazywano badanym, by odpowiadali pozytywnie dopiero po wyobrażeniu sobie w całości prawidłowego wzoru; dopiero jeśli nie byli w stanie znaleźć właściwego rozwiązania, mieli odpowiedzieć negatywnie. Odpowiedź negatywna powodowała pojawienie się następnej tablicy. Po udzieleniu odpowiedzi pozytywnej wokół pierwszego z pustych miejsc w ramce, pojawiała się czerwona obwódka, zaznaczająca, że tu będzie wstawiony pierwszy wybrany element. Po wybraniu pierwszego elementu, czerwona ramka pojawiała się kolejno wokół następnych pustych miejsc, aż do zapelnienia całego wzoru. Zadaniem osoby badanej było ułożenie z elementów logicznie uzasadnionego wzoru. Wyboru konkretnych elementów dokonywano przez wciśnięcie odpowiadających im klawiszy funkcyjnych (F1, F2, ...). Wykorzystano dwie serie zadań, różniące się liczbą elementów, co decydowało o poziomie ich trudności. Do serii pierwszej (wzór czteroelementowy, wybór spośród 8 elementów, seria łatwiejsza) należą tablice serii próbnej oraz 10 pierwszych jednostek serii badawczej. Do serii drugiej (wzór sześcioelementowy, wybór spośród 12 elementów, seria trudniejsza) należy 7 ostat-

nich jednostek. Test Układanka był graficznie wzorowany na Matrycach Progredywnych Ravena (Raven, 1986, 1987) gdyż wyniki uzyskane w tych obu testach miały być porównywane między sobą. Tablice Układanki są ułożone progredywnie według rosnącej trudności. Wstępnie przebadano 17 osób prosząc jednocześnie o uszeregowanie tablic od najprostszych, do najtrudniejszych. W efekcie posegregowano tablice na cztery grupy: (1) łatwe – 5 tablic serii pierwszej, (2) średniej trudności – trzy tablice serii pierwszej, (3) trudne – 5 tablic serii drugiej, (4) bardzo trudne – 2 tablice serii drugiej.

Testy typu „papier – ołówek”. Posłużono się następującym zestawem testów psychometrycznych typu „papier – ołówek”:

1. Test Matryc Ravena wersja Standard (Raven, 1987). Wybrano wersję z ograniczeniem czasowym do 20 minut.

2. Test rysunkowy Urbana i Jellena (1986).

Badania komputerowe przeprowadzono na urządzeniach klasy PC o jednakowych parametrach (kolorowe monitory, takie same procesory, identyczna klawiatura).

PROCEDURA

Osoby badane podzielono na dwie grupy, różniące się kolejnością wykonywania zadań. Celem takiego zabiegu było wyeliminowanie skutków uczenia się. Ponieważ testy Ravena i Układanka są do siebie podobne, mogło zachodzić niebezpieczeństwo pojawienia się zakłóceń wynikłych z uczenia się rozwiązywania jednego testu i transferu tej wiedzy na test drugi. Poprzez zamianę kolejności w połowie badanych grup przewidujemy, że te efekty będą się znosić wzajemnie przy całościowym obliczaniu wyników. Czas trwania badania wynosił od 90 do 120 minut w zależności od długości rozwiązywania testów komputerowych przez poszczególne osoby.

ZMIENNE

Zmienne niezależne. Pierwszą zmienną niezależną był rodzaj wykonywanego testu (łącznie z procedurą GIL). W charakterze zadania konwergencyjnego użyto zmodyfikowanego testu Ravena, a dywergencyjnego – testu Układanka. W dalszej

części pracy będziemy w odniesieniu do tej zmiennej posługiwać się terminem „warunek”. Drugą zmienną niezależną był poziom inteligencji, mierzony Testem Matryc Progredywnych Ravena w wersji standardowej (TMS), a trzecią – poziom uzdolnień twórczych, mierzony Testem Urbana i Jellena.

Zmienne zależne. Główną zmienną zależną, wykorzystaną w tym eksperymencie był poziom rytmiczności stukania, a jej miarą – tzw. wskaźnik g , obliczany według następującego algorytmu. Najpierw mierzono długość interwałów pomiędzy poszczególnymi naciśnięciami:

$$I_i^1 = a_{i+1} - a_i$$

gdzie: I_i^1 – długość interwału; a_i – czas poszczególnych naciśnień klawisza, w setnych częściach sekundy. Następnie utworzono histogram wielkości I o szerokości słupka (wielkości przedziału klasy) odpowiadającej .05 s:

$$H_j^1 = 0 \text{ dla } j \text{ od } 1 \text{ do } 120$$

gdzie: j – klasa (numer słupka histogramu); H – częstość pojawiania się danej wartości j (wysokość słupka dla danej wartości j). Wzięto pod uwagę tylko 120 kanałów ponieważ maksymalna długość branego pod uwagę interwału wynosiła 6 s ($120 \times .05 \text{ s} = 6 \text{ s}$).

Kolejnym krokiem było wyliczenie numeru słupka j dla każdej wartości I_j^1 :

$$j = \text{round} (I_i^1 / .05)$$

gdzie: round to funkcja zaokrąglająca do najbliższej liczby całkowitej. Następnie zwiększono wartość H_j^1 o 1 i powtórzono procedurę dla wszystkich I_i^1 .

Aby znormalizować wielkość H_j^1 , wyliczono sumę H_j^1 po wszystkich i :

$$SH^1 = \sum_{j=1}^{120} H_j^1$$

Gdy w histogramie było kilka kanałów, które miały dużo zliczeń, to znaczy, że te interwały czasowe były powtarzane przez badanego, a więc wystąpiła regularność w stukaniu. By wyrazić liczbowo stopień rytmiczności zastosowano następujące równanie:

$$g^1 = \sum_{j=1}^{120} (H_j^1 / SH^1)^2$$

Mniejsza wartość g oznacza bardziej losowe przyciskanie klawisza (histogram jest bardziej płaski).

Aby uwzględnić warunek, w jakim przeprowadzono test GIL, wyróżniono wskaźniki g osobno dla wyników GILa podczas rozwiązywania zadania konwergencyjnego, $g(k)$, i dywergencyjnego, $g(d)$. Wskaźnik $g(k)$ został zoperacjonalizowany jako poziom rytmiczności w teście GIL przy jednoczesnym wykonywaniu Zmodyfikowanego Testu Ravena. Analogicznie, empirycznym odpowiednikiem wskaźnika $g(d)$ jest poziom rytmiczności GILa w warunkach jednoczesnego wykonywania Testu Układanka.

WYNIKI

Analizy statystyczne przeprowadzono za pomocą pakietów komputerowych SPSS/PC+ i STATISTICA 4.0. Na początku sprawdzono korelacje między wynikami użytych testów. Tabela 1 przedstawia omawiane korelacje.

Najwyżej korelują ze sobą wskaźniki $g(k)$ z $g(d)$, $r = .93$ przy poziomie istotności $p < .01$. Stwierdzono ponadto istnienie jeszcze trzech istotnych

Tabela 1
Współczynniki korelacji między poszczególnymi zmiennymi

Zmienne	INT	TW	KONW	DYW	$g(k)$	$g(d)$
INT		-.21	.63**	.35**	-.10	-.07
TW			-.15	.08	-.02	-.06
KONW				.35**	-.20	-.25*
DYW					-.07	-.15
$g(k)$.93**

Objaśnienia:

- INT – poziom inteligencji (test Ravena),
- TW – poziom zdolności twórczych (test Urbana i Jellena),
- KONW – liczba poprawnych odpowiedzi w zadaniu konwergencyjnym,
- DYW – liczba poprawnych odpowiedzi w zadaniu dywergencyjnym,
- $g(k)$ – poziom rytmiczności stukania podczas wykonywania zadania konwergencyjnego,
- $g(d)$ – poziom rytmiczności stukania podczas wykonywania zadania dywergencyjnego,

* $p < .05$; ** $p < .01$

statystycznie korelacji. Wyniki testu Ravena i Zmodyfikowanego Testu Ravena korelowały na poziomie $r = .63$. Zbliżone do siebie poziomy korelacji stwierdzono między wynikami Układanki

i Ravena ($r = .35$) oraz Układanki i Zmodyfikowanego Ravena ($r = .35$).

W celu zbadania różnic między wynikami testów Zmodyfikowanego Ravena i Układanki posłużono się testem t dla grup zależnych. Osoby badane osiągały lepsze wyniki rozwiązując Zmodyfikowany Test Ravena niż Układankę ($t = 6.43$; $df = 77$; $p < .0001$). Różnicę tę przedstawiono na wykresie (ryc. 2). Jest znikome prawdopodobieństwo, że taki efekt był przypadkowy.

Przed wszystkim jednak okazało się, że generowane interwały były bardziej rytmiczne podczas

Ryc. 2. Porównanie poprawności rozwiązywania zadań konwergencyjnych i dywergencyjnych.

rozwiązywania zadania konwergencyjnego, niż wtedy, gdy badani rozwiązywali zadanie dywergencyjne. Poziom istotności tego efektu badano testem t dla grup zależnych. Średnie wartości $g(k)$ i $g(d)$ wynosiły odpowiednio: $.729385$ i $.684756$ ($t = 4.48$; $df = 77$; $p < .0001$).

Aby sprawdzić drugą hipotezę, przeprowadzono obliczenia wykorzystując procedurę MANOVA, w modelu dla powtarzanych pomiarów. W tym celu wyniki w teście Ravena zostały zdychotomizowane w punkcie mediany, tak by zmienna była dwuwartościowa. Wyniki wskazują, że poziom inteligencji, samodzielnie jak też w interakcji z warunkiem wykonywania testu GIL, nie miał istotnego wpływu na wskaźnik g . Uwidocznił się natomiast wyraźny wpływ warunku ($F = 19.66$; $p = .00001$). Jest to ta sama zależność, którą już omawiano w związku z wynikami badania istotności różnic testem t .

Procedurę MANOVA zastosowano również do analizy zależności wskaźnika g od poziomu

twórczości, warunku i interakcji tych czynników. W tym celu zdychotomizowano wyniki uzyskane przez osoby badane w teście Urbana i Jellena. Podobnie jak poprzednio, jedynie rodzaj zadania towarzyszącego testowi GIL wykazał istotny wpływ na wartość wskaźnika g . Pozostałe czynniki, wraz z interakcjami, okazały się nieistotne.

Sprawdzono również, czy płeć osób badanych - samodzielnie i w interakcji z warunkiem - wpływa na wskaźnik g , uzyskano jednak wyniki negatywne. Natomiast ciekawe zależności ujawniła analiza interakcji trzech czynników: poziomu inteligencji, płci i warunku (rodzaju zadania). Wpływ interakcji jest istotny na poziomie $p < .01$ ($F = 7.14$) a jej sens widać na wykresie (ryc. 3).

Zastosowano porównania średnich *post-hoc* testem Tukeya. W przypadku zadania konwer-

Ryc. 3. Wpływ inteligencji, płci i warunku zadania na poziom rytmiczności stukania

gencyjnego istotne okazały się różnice między bardziej a mniej inteligentnymi mężczyznami ($p < .001$). Jeśli zaś chodzi o różnice między płciami, ujawniły się one tylko w odniesieniu do osób o wyższej inteligencji ($p < .005$). Podobnie w przypadku zadania dywergencyjnego - istotne różnice międzypłciowe ujawniły się jedynie w odniesieniu do osób o wyższym poziomie inteligencji ($p < .02$). Istotne były również różnice w poziomie rytmiczności stukania między kobietami o wyższej i niższej inteligencji ($p < .01$). Ponadto okazało się, że mężczyźni o niższym poziomie inteligencji generowali interwały znacząco bardziej rytmiczne (tj. mniej losowe) w przypadku zadania konwergencyjnego, w porównaniu z zadaniem dywergencyjnym.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki eksperymentu potwierdziły hipotezę, że podczas rozwiązywania zadań konwergencyjnych centralny wykonawca jest bardziej obciążony, niż podczas rozwiązywania zadań dywergencyjnych. Na podstawie dokonanych analiz statystycznych można stwierdzić, że zadanie konwergencyjne było wykonywane znacznie lepiej niż dywergencyjne (mniejsza liczba błędnych odpowiedzi; ryc. 2), ale jednocześnie wymagało większego przydziału zasobów mentalnych. Należy zatem odrzucić przypuszczenie, że zaobserwowane efekty mogły być wynikiem nierównego stopnia trudności obu testów. Gdyby tak było, obserwowalibyśmy w przypadku trudniejszego zadania więcej pomyłek i jednocześnie bardziej rytmiczne stukanie. Otrzymane rezultaty można interpretować jako wpływ różnic o charakterze jakościowym między dwoma rodzajami zadań, co przypuszczalnie implikowało stosowanie innych strategii ich rozwiązywania. Mniejszą liczbę błędów w zadaniu konwergencyjnym można wyjaśnić daną, ograniczoną pulą rozwiązań do wyboru. Istotą tego rodzaju zadań jest istnienie jednego poprawnego rozwiązania. Gdy badany dokonuje wyboru z kilku podanych odpowiedzi i wie, że tylko jedna z nich jest dobra, ma większą możliwość weryfikowania wygenerowanego rozwiązania. Jeżeli wygenerowany pomysł nie pokrywa się z żadnym z danych elementów, osoba badana może wnioskować, że był zły. Może wtedy podjąć nową próbę znalezienia rozwiązania. Natomiast w przypadku zadania dywergencyjnego nie ma możliwości tak prostego weryfikowania poprawności odpowiedzi. Stąd właśnie może wynikać różnica poziomu wykonania obu zadań eksperymentalnych.

Z istnienia bardzo wysokiej korelacji między wynikami obu testów GIL można wnosić, że każda osoba charakteryzuje się indywidualnym poziomem zdolności do generowania interwałów losowych. Badani, którzy mieli wysokie wyniki w teście GIL wykonywanym łącznie z testem Układanka, mieli też wysokie wyniki wykonując GIL łącznie ze Zmodyfikowanym Ravenem, i *vice versa* (zob. tabela 1). Nie powinien nas jednak dziwić fakt występowania różnic indywidualnych w zachowaniach rytmicznych człowieka. Właściwie wszystkie rytmy, jakim podlegają ludzie, są indywidualnie zróżnicowane, począwszy od rytmu serca, czy oddechu, a na zdolnościach muzycznych

kończąc.

Zauważone korelacje między wynikami trzech testów: Testu Ravena, Zmodyfikowanego Testu Ravena i Testu Układanka, można – wydaje się – dość prosto wyjaśnić. Zmodyfikowany Test Ravena zawierał 15 tablic z Testu Ravena w wersji zaawansowanej, zatem nic dziwnego, że wyniki dwóch bardzo podobnych testów korelują ze sobą. O podobieństwie tych testów świadczy również fakt, że wyniki każdego z nich korelują na prawie identycznym poziomie z wynikami Układanki. Test Układanka również był wzorowany na Testach Matryc Progresywnych, i chociaż zawiera zadania dywergencyjne, to do uzyskania lepszych wyników niezbędny jest w jego przypadku, podobnie jak w przypadku dwóch pozostałych testów, wyższy poziom inteligencji.

Brak istotnych korelacji między wynikami obu testów dywergencyjnych zastosowanych w eksperymencie można wyjaśnić następująco. Test Urbana został zaprojektowany do pomiaru poziomu zdolności twórczego myślenia. Test Układanka nie jest zadaniem mającym na celu badanie którejkolwiek z miar twórczości. Giętkość i płynność wymaga możliwości wyprodukowania więcej niż jednej odpowiedzi, natomiast w teście Układanka, mimo że jest możliwe znalezienie kilku dobrych rozwiązań, należy podać tylko jedno z nich. Odpowiedzi w Układance mogą być co prawda oryginalne, ale nie to jest oceniane. Nawet najbardziej nietypowe rozwiązanie jest traktowane tak samo jak przeciętne. Od osoby badanej wymaga się jedynie, aby jej odpowiedzi były spójne logicznie.

Na podstawie wyników eksperymentu należy odrzucić drugą hipotezę, mówiącą o istnieniu bezpośrednich zależności między inteligencją a poziomem GIL. Można zatem wnioskować, że poziom inteligencji nie ma bezpośredniego związku z pracą centralnego wykonawcy. Trzeba jednak wziąć pod uwagę wyniki badań nad zależnościami między inteligencją a szybkością przetwarzania informacji (zob. przegląd w: Nęcka, 1994). Na poziom inteligencji ma wpływ szybkość przetwarzania, ale jednocześnie nie wykryto związków między inteligencją a zaangażowaniem centralnego wykonawcy. Naturalnie nasuwa się pytanie, czy szybkość przetwarzania informacji ma bezpośredni wpływ na centralny system wykonawczy? Oczywiście im większe tempo przetwarzania danych, tym więcej informacji można wykorzystać.

Ma to związek z ograniczoną pojemnością pętli artykulacyjnej i brudnopisu wzrokowo-przestrzennego. Szybko wykorzystana informacja „zwalnia miejsce” następnym. Centralny wykonawca może przetwarzać informacje szybciej lub wolniej, nie ma to jednak wpływu na jego ograniczone „moce przerobowe”, a jedynie na czas wykonywania całego zadania i ilość informacji, którą badany może dysponować podczas rozwiązywania problemu. Można zatem wnioskować, że o poziomie inteligencji decyduje ilość informacji, które osoba badana może wykorzystać w trakcie rozwiązywania zadania, natomiast szybkość ich przetwarzania jest pomocna tylko jako czynnik, który pozwala w krótszym czasie opróżnić magazyny pamięci roboczej, aby mogły przyjąć następną porcję potrzebnych informacji.

Ciekawym wynikiem jest interakcyjny wpływ płci, rodzaju wykonywanego zadania i poziomu inteligencji na pracę pamięci roboczej. Z przeprowadzonych analiz wynika, że w grupach o wyższym poziomie inteligencji obciążenie centralnego systemu wykonawczego jest mniejsze w przypadku mężczyzn, niż kobiet. Być może jest to związane z wpływem rodzaju wykonywanego zadania. Oba testy, konwergencyjny i dywergencyjny, skonstruowano wykorzystując podstawowe cechy Testu Matryc Progresywnych Ravena (TMZ), a wiadomo, że mężczyźni uzyskują w tym teście wyższe wyniki (Jaworowska i Szustrowa, 1991). Ponieważ generowanie losowych interwałów jest zadaniem trudnym i w wysokim stopniu drenującym zasoby pamięci roboczej, można przypuszczać, że osoby o niższym poziomie inteligencji przy trudniejszych tablicach musiały stukać całkowicie rytmicznie. Osoby o wyższej inteligencji radziły sobie z trudnymi tablicami lepiej, co miało wpływ na generowanie bardziej losowych interwałów. W przypadku osób mniej inteligentnych, stukających całkowicie rytmicznie podczas rozwiązywania wielu zadań, różnice w rytmiczności były być może znacznie mniejsze, niż w przypadku osób o wyższej inteligencji. W rezultacie, różnice międzypłciowe w odniesieniu do osób mniej inteligentnych mogły zniknąć w wyniku zmniejszonej wariancji w zakresie poziomu rytmiczności stukania.

W przypadku zadania konwergencyjnego, u mężczyzn o niższym poziomie inteligencji zadania komputerowe angażowały centralny system wykonawczy w większym stopniu niż u mężczyzn

o wyższym poziomie inteligencji. Jednocześnie mężczyźni o niższym poziomie inteligencji stukali znacznie rytmiczniej w warunku zadania konwergencyjnego niż dywergencyjnego. Czy można tłumaczyć duże obciążenie centralnego systemu wykonawczego u mężczyzn o niższym poziomie inteligencji w warunku zadania konwergencyjnego? Jak potwierdziły niniejsze badania, zadanie konwergencyjne wymaga przetrzymywania i przetwarzania w pamięci roboczej większej ilości danych, w porównaniu z zadaniem dywergencyjnym. Zatem osoby o niższej inteligencji czyli, jak przypuszczamy, osoby o mniejszej pojemności pamięci roboczej, wykazywały znaczne obciążenie centralnego systemu wykonawczego, szczególnie w zadaniu konwergencyjnym.

W warunku zadania dywergencyjnego nie wykryto istotnych różnic między wynikami mężczyzn o wyższej i niższej inteligencji. Istotne natomiast okazały się różnice między wynikami kobiet o niższej i wyższej inteligencji. Wyniki te można wyjaśnić analizując sytuację zadaniową. W teście Układanka osoby badane musiały ułożyć wzór w wyobraźni. Jak pisze Kimura (1992), przestrzenne manipulowanie obiektami w wyobraźni jest zdolnością lepiej rozwiniętą u mężczyzn. Jest to prawdopodobnie powód ujawnienia się różnic w pracy pamięci roboczej między kobietami o różnym stopniu inteligencji w teście Układanka.

Podsumowując, można stwierdzić że niniejszy eksperyment wykazał możliwości badania stopnia obciążenia centralnego wykonawcy przy pomocy metody generowania interwałów losowych, co postulował autor koncepcji pamięci roboczej (Baddeley, 1996). Ponadto ujawnił on, że zadania konwergencyjne są bardziej wymagające dla centralnego wykonawcy, niż zadania dywergencyjne, i że różnica ta nie wynika ze zróżnicowanego poziomu trudności obu rodzajów zadań. Prawdopodobnie zadania dywergencyjne wymagają innej strategii rozwiązywania, niż zadania konwergencyjne, a przyjęta strategia jest w większym lub mniejszym stopniu wymagająca dla systemu pamięci roboczej.

LITERATURA

- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. i Hitch, G.J. (1974). Working memory. W: G. H. Bower (red.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, str. 47-89). New York: Academic Press.
- Guilford, J.P. (1978). *Natura inteligencji człowieka*. Warszawa: PWN.
- Jaworowska, A. i Szustrowa, T. (1991). *Podręcznik do Testu Matryc Ravena*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kimura, D. (1992). Mózg a płęć. *Świat Nauki*, 11, wydanie specjalne: *Umysł a mózg*, 85-93.
- Klauer, K.C. i Stegmaier, R. (1997). Interference in immediate spatial memory: Shifts of spatial attention or central executive involvement? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 79-99.
- Kozielecki, (1995). Myślenie i rozwiązywanie problemów. W: T. Tomaszewski (red.), *Psychologia ogólna, t. 1, Percepcja, myślenie, decyzje*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Maruszewski, T. (1996). *Psychologia poznawcza*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Semiotyczne.
- Najder, K. (1991). Pamięć: wprowadzenie. W: Z. Roman (red.), *Uwaga i pamięć*. Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- Nęcka, E. (1994). *Inteligencja i procesy poznawcze*. Kraków: Oficyna Wydawnicza „Impuls”.
- Nęcka, E. (1995). Czy uwaga jest mechanizmem jednorodnym? W: A. Biela, J. Brzeziński i T. Marek (red.), *Spoleczne, eksperymentalne i metodologiczne konteksty procesów poznawczych człowieka*. Poznań: Wydawnictwo Fundacji Humaniora.
- Norman, D.A. i Shallice, T. (1980). *Attention to action: Willed and automatic control of behavior*. University California at San Diego, CHIP Report 99.
- Próchnicka, M. (1991). *Informacja a umysł*. Kraków: Universitas.
- Raven, J.C. (1986). *Test Matryc, wersja dla zaawansowanych*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Psychologiczne.
- Raven, J.C. (1987). *Test Matryc, wersja standard*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Psychologiczne.
- Reber, A.S. (1995). *The Penguin Dictionary of Psychology* (Second edition). London: Penguin Books.
- Smyth, M.M., Collins, A. F., Morris, P. E. i Levy, P. (1994). *Cognition in action* (Second edition). Hove (UK), Hillsdale (USA): Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Urban, K.K. i Jellen, H.G. (1986). Assessing creative potential via drawing production: the Test for Creative Thinking-Drawing Production (TCT-DP). W: A. J. Cropley, K. K. Urban, H. Wagner i W. Wieczerkowski (red.), *Giftedness: A Continuing Worldwide Challenge*. New York: Trillium Press.
- 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, 413-442.