



50 lat badań nad pamięcią roboczą

50 years of research on working memory

<https://doi.org/10.34766/fetr.v58i2.1274>

Justyna Harasimczuk^a ✉

^a Dr Justyna Harasimczuk, <https://orcid.org/0000-0002-3151-7630>, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie

✉ Autor korespondujący: j.harasimczuk@uksw.edu.pl

Abstrakt: Dokładnie 50 lat temu model pamięci roboczej (working memory) Allana Baddeleya i Grahama Hitcha (1974) zafascynował akademików i praktyków zajmujących się ludzkim poznaniem, na trwale przeobrażając krajobraz badań nad pamięcią. Pamięć robocza jest tą zdolnością umysłu ludzkiego, która umożliwia tworzenie i odbiór komunikatów, arytmetykę mentalną, podejmowanie decyzji i inne złożone czynności poznawcze, wymagające chwilowego przechowywania potrzebnych informacji i operowania nimi w celu wykonania bieżących zadań (np. nadążania za tokiem rozmowy). Jest to tym samym jedną z najżywiej rozwijanych obecnie obszarów badań umysłu w psychologii poznawczej, kognitywistce, neuropsychologii i psychologii różnic indywidualnych (zwłaszcza w diagnozie intelektu). Spór badawczy toczy się o wiele aspektów detalicznie opisywanego konstruktów pamięci roboczej: o jego strukturę, funkcje, ograniczenia pojemności, związek ze świadomością, pamięcią długotrwałą, uwagą itd. (por. Logie, Belletier i in., 2021). Proponowane rozwiązania charakteryzuje na tyle duża szczegółowość, że osoby nieśledzące pilnie literatury przedmiotu mogą mieć trudność ze zrozumieniem ich istoty. Początki tego twórczego zamieszania sięgają propozycji Baddeleya i Hitcha (1974), którzy skrupulatnie przeanalizowali dane dotyczące pamięci tymczasowej i rozpoznali ją jako system złożony z wielu współpracujących ze sobą komponentów, to znaczy z odrębnych podsystemów przechowujących informacje różnego formatu (np. wizualne lub słuchowe) i z nadrzędnego wobec nich podsystemu, zarządzającego przepływem i wykorzystaniem gromadzonych informacji. Niniejszy artykuł przedstawia kontekst, w którym powstawał wielokomponentowy model pamięci roboczej Baddeleya i Hitcha (1974), opisuje kamienie milowe wyznaczające dynamiczne zmiany, którym podlegał i wymienia projekty badawcze, które spowodowały uszczegóławianie opisu poszczególnych komponentów modelu. Mimo, że wpływa część współczesnych konkurencyjnych ujęć pamięci roboczej rezygnuje z wielu tez Baddeleya (Cowan, 2017; Oberauer, 2019) to każde z nich porusza się po wykutych przez tego autora ścieżkach pojęciowych i musi dookreślać swoje stanowiska w pytaniach zadanych podczas pięćdziesięcioletniej podróży badaczy pamięci roboczej.

Słowa kluczowe: Allan Baddeley, pamięć robocza, wielokomponentowy model pamięci

Abstract: Exactly 50 years ago, the model of working memory proposed by Allan Baddeley and Graham Hitch (1974) fascinated academics and practitioners dealing with human cognition, and have permanently changed the landscape of memory research. Working memory is the ability of the human mind, that allows the creation and reception of communications, performing mental arithmetic, decision-making, and other complex cognitive activities, that require temporary storage of necessary information and its manipulation in order to perform current tasks (e.g. following the flow of a conversation). As such it is one of the most dynamically developing areas of research in cognitive psychology, cognitive science, neuropsychology, and the differential psychology (especially in the intellect diagnostics). The ongoing research dispute concerns many aspects of the working memory construct: its structure, functions, capacity limits, relationship with consciousness, long-term memory, attention, etc. (see Logie, Belletier et al., 2021). The solutions proposed by researchers are characterized by such great detail, that people who do not closely follow the literature on the subject, may have difficulty understanding their essence. The beginnings of this creative fuss date back to the proposals of Baddeley and Hitch (1974), who carefully analyzed the data on temporary memory and recognized it as a system composed of many cooperating components, that is, separate subsystems storing information in different formats (e.g. visual or auditory) and a superordinate subsystem managing the flow and use of the stored information. This article presents the context in which Baddeley and Hitch's (1974) multicomponent model of working memory was developed, as well as describes the milestones that marked the dynamic changes it underwent, and lists the research projects that prompted the refinement of the descriptions of the components within the model. Although an influential portion of the contemporary competing accounts of working memory abandon many of Baddeley's theses (Cowan, 2017; Oberauer, 2019), each of them follows the conceptual paths forged by this author and must clarify their positions on questions posed during the fifty-year journey of working memory research.

Keywords: Allan Baddeley, working memory, Multicomponent Model of Working Memory

1. Kształtowanie się pojęcia pamięci roboczej

Bez pamięci roboczej (*working memory*) komunikacja nie byłaby możliwa. Zarówno odszyfrowanie głosek wypowiedzianych przez nadawcę, jak i zaszyfrowanie myśli w postaci wyrażen językowych przez odbiorcę, poprzedza ta specyficzna „robota” pamięci podręcznej, polegająca na przechowaniu i manipulacji fonemami tak, by móc je we właściwym porządku przywołać i zintegrować z znaczące słowa i zdania zawierające właściwy sens. Rozumienie i wytwarzanie mowy, nadążanie za tokiem rozmowy, ważenie argumentów, rozumowanie, podtrzymywanie wyobrażeń, arytmetyka mentalna czy podejmowanie decyzji i wydawanie sądów – to wszystko odbywa dzięki tej ludzkiej zdolności jaką jest pamięć robocza (rzadziej nazywana pamięcią operacyjną). Obecnie pamięć robocza jest jednym z najpopularniejszych obszarów badań intensywnie rozwijany w naukach o poznaniu, i w praktyce diagnostycznej (Logie i in., 2021). Konstruktor ten doczekał się wielu definicji (przegląd w: Cowan, 2017), ale esencja każdej z nich odnosi się do przechowywania w umyśle niewielkiej ilości informacji aktualnie potrzebnej do wykorzystania przez procesy poznawcze – w gotowości (tzn. czasowo podwyższonym stanie dostępności) – by wykonać bieżące zadanie. Krytycznymi cechami definicyjnymi są: ograniczone w czasie przechowywanie informacji oraz nieustanność ich przetwarzania tak, aby były dostępne do wykorzystania w myśleniu i działaniu (Cowan, 2017). Mogą to być zarówno informacje werbalne, jak i wizualne (np. kształty, kolory, położenie, sekwencja ruchów). Przy czym nie muszą być to informacje uświadomione. Pamięć robocza zawiera w sobie świadomą część umysłu, ale także – procesy pamięciowe działające jakby „w tle” świadomości, niedostępne introspekcyjnie. Nie jest więc z pojęciem świadomości tożsama.

Koncept pamięci tymczasowej był znany przed powołaniem do życia psychologii w jej obecnym kształcie. Na przykład Locke (1690/2023) w swoich rozważaniach wymieniał – obok różnych właściwości pamięci – kontemplację, pozwalającą na oglądanie idei przez jakiś czas, zanim przejdzie ona do „spichrza idei” (dziś powiedzielibyśmy: do pamięci długotrwałej). Dwa wieki później William James (1890) opisał

pojęcie pamięci elementarnej (*primary memory*), oznaczającej to, co jawi się jako obecne w umyśle, w kontraście do tego, co przechowywane jest w pamięci właściwej (*secondary memory*). Broadbent (1958), podczas opisywania mechanizmów uwagi w różnych zadaniach poznawczych, odnosi się do podręcznej pamięci, którą nazwał bezpośrednią (*immediate memory*). Niemniej, pierwsze systematyczne próby wyjaśnienia „pamięci roboczej” (*working memory*) pojawiają się w pracach Millera i współpracowników (1960), eksplorujących zjawisko porcjowania informacji (*chunking*) w znaczące nowe jednostki, które ułatwiają zapamiętywanie większych ilości danych. Zanim jednak termin pamięci roboczej zdążył się rozgościć w umysłach badaczy, pojawił się inny istotny koncept, inspirowany myślą Broadbenta. Była nim pamięć krótkotrwała (*short-term store*) umieszczona w blokowym modelu pamięci Atkinsona i Schiffrina (1968) jako magazyn powiązany z poznawczymi procesami kontrolnymi, a jednocześnie łącznik między blokami pamięci sensorycznej i pamięci długotrwałej. Wpływ tego modelu był na tyle duży, że podział na pamięć długotrwałą (LTM) i krótkotrwałą (STM) przebił się do świata pozanaukowego. Terminologia modeli blokowych kształtowała myślenie o procesach przechowujących informacje w umyśle przez następane dekady, chociaż istniały alternatywne ujęcia architektury pamięci, rezygnujące ze sztywnego podziału na odrębne bloki, a podkreślające jednorodność całego systemu (Craik, Lockhart, 1972).

Termin „pamięć robocza” powrócił do naukowych dyskusji dokładnie 50 lat temu, po głośniejszej publikacji Alana Baddeley’a i Grahama Hitcha (1974) zatytułowanej „Working Memory”, opisującej pamięć tymczasową jako system złożony z wielu komponentów i odpowiadający nie tylko za przechowywanie informacji (jak pamięć krótkotrwała) lecz także za operowanie nimi (np. Baddeley, 2012). Równocześnie z rozwojem modelu Baddeley’a i Hitcha (1974), w którym z upływem lat dodawano nowe komponenty i rozszerzano zakres ich funkcji, rozkwitały inne ujęcia teoretyczne dotyczące tego samego wycinka poznania. Do najsłynniejszych należą: komputacyjne modele poznania, tworzone w Ameryce Północnej przez badaczy zainspirowanych koncepcjami Atkinsona i Schiffrina (1968), np. ACT-R (adaptive character of thought; Anderson, 1996), SOAR

(Newell, 1990), EPIC (executive-process interactive control; Meyer, Kieras, 1997), podejścia eksplorujące różnice indywidualne w zakresie pojemności pamięci roboczej (Daneman, Carpenter, 1980; Engle i in., 1999), czy też podejścia podkreślające rolę już zgromadzonej wiedzy i umiejętności w bieżącym przetwarzaniu informacji (Ericsson, Kintsch, 1995).

2. Rozwój wielokomponentowego modelu pamięci roboczej Baddeley'a i Hitcha

Baddeley i Hitch (1974) stwierdzili, że nie da się – w świetle dostępnych badań – traktować pamięci roboczej jako jednolitego mechanizmu. Kolejne dowody empiryczne, przytaczane przez badaczy, konsekwentnie wskazywały na fakt, że ludzie sprawniej operują informacją, gdy jest ona kodowana w różnych formatach (np. wzrokowymi i słuchowymi) niż w tym samym. Mechanizm, który na to pozwala, musi być wielokomponentowym systemem złożonym z wielu współpracujących ze sobą elementów. W przeciwnym wypadku nie mógłby dysponować kilkoma oddzielnymi pulami zasobów odpowiadającymi różnym (słuchowym vs wzrokowym) rodzajom informacji. Jeśli przyjmiemy, że informacje danego rodzaju, przechowywane w tych samych magazynach, walczą o te same zasoby, to kłopotem dla osób badanych powinno być wykonywanie zadań konkurencyjnych wykorzystujących podobny materiał bodźcowy (np. wzrokowy), a bez problemu powinny sobie one radzić zadaniami jednoczesnymi o różnym charakterze (jedno zadanie z informacjami wzrokowymi, a drugie – słuchowymi). Takie właśnie zależności obserwowano wielokrotnie w ówczesnych badaniach (1974).

Zarazem badanie ograniczenia pojemności (*capacity*) pamięci stało się kluczowe dla zrozumienia natury pamięci roboczej. Człowiek nie może przechowywać na bieżąco w umyśle nieskończonej ilości informacji, ani nie może nieskończenie wydajnie nimi operować. Pytanie o naturę ograniczenia pojemności pamięci roboczej jest współcześnie jednym z najbardziej palących i różnie adresowanych w zależności od ujęcia teoretycznego. W modelu Baddeley'a i Hitcha (1974) to ograniczenie pojemności można „omijać”

m.in. przez czynność powtarzania (*rehearsal*) zapamiętywanej informacji, a więc odświeżania jej w pamięci roboczej tak, by nie uległa szybkiej degradacji (Baddeley i Hitch, 1974).

Dokładny kształt wielokomponentowego modelu pamięci roboczej Baddeley'a i Hitcha (1974) rozwijał się z upływem lat, ale zawsze mieścił w sobie komponenty odpowiadające za biernie przechowywanie różnego rodzaju informacji i komponent wobec nich nadrzędny, który kontroluje przetwarzanie informacji z podrzędnych komponentów (*slave systems*).

Ponad dekadę od pierwszej publikacji Baddeley (1986) sprecyzował opis modelu pamięci roboczej, zakładając rozdzielenie komponentów biernie przechowujących informacje o charakterze werbalno-fonologicznym i te o charakterze wizualno-przestrzennym. Są to odpowiednio: szkicownik wzrokowo-przestrzenny (*visuo-spatial sketchpad*) oraz pętla fonologiczna (*phonological loop*; wcześniej: *articulatory loop*). Kontrolę nad przechowywanymi informacjami (reprezentacjami umysłowymi) sprawował komponent nadrzędny, czyli centralny system wykonawczy (*central executive*), silnie związany z procesami uwagowymi. Oryginalna wersja modelu pamięci roboczej Baddeleya (1986) zawierała więc 3 komponenty (Baddeley, 1986, 1996).

Czwarty komponent został dodany kilkanaście lat później (Baddeley, 2000), w odpowiedzi na krytykę modelu, zwracającą uwagę na ważną lukę. Brakowało mianowicie wyjaśnienia, jak pamięć robocza łączy się z pamięcią długotrwałą, by czerpać ze zgromadzonej w niej wiedzy. Odpowiedzią na ten problem był tzw. bufor epizodyczny, przechowujący informacje semantyczne i skojarzenia niezależnie od formatu informacji. Integrowanie wewnątrz bufora epizodycznego informacji z innych systemów (przechowujących informacje wzrokowe i słuchowe), sprawia, że komponent ten odpowiada za tymczasowe przechowywanie spójnych doświadczeń.

J. Orzechowski (2012) ocenia, że głównym novum, które świat naukowy zawdzięcza Baddeley'owi jest twórcze spostrzeżenie, że funkcja przechowywania informacji jest konieczna dla wykonywania funkcji przetwarzania informacji i że w związku z tym obie – choć odrębne – powinny być wprojektowane w spójny model pamięci roboczej.

3. Pętla fonologiczna

W latach sześćdziesiątych XX wieku odkryto zjawisko, które zwróciło uwagę badaczy na wpływ podobieństwa brzmieniowego dźwięków na ich zapamiętywanie. W 1964 roku Conrad i Hull opisali tzw. efekt podobieństwa akustycznego (*acoustic similarity effect*), pokazując, że jeśli zapisane słowa, przeznaczone do zapamiętania, zawierają litery podobnie brzmiące w wymowie (ich głoski się rymują), to są one trudniejsze do zapamiętania niż listy słów z literami, których głoski się nie rymują. Dzieje się tak prawdopodobnie dlatego, że podobieństwo brzmieniowe utrudnia przechowywanie głosek w pamięci roboczej jako odrębnych jednostek. Podobne wnioski wyciągnął Baddeley (1966) w badaniach nad podobnie brzmiącymi słowami. Okazało się, że trudniej je przywołać z pamięci niż słowa o różnym brzmieniu, ale odwrotne zjawisko obserwuje się, gdy osoby badane mają szansę zapamiętać znaczenie słów i posługiwać się podobieństwem znaczeniowym przy odpamiętywaniu (Baddeley, 1966b). Pomysł na odrębny od pamięci długotrwałej system przechowujący tymczasowo informacje fonologiczne narodził się właśnie, jak wspomina Baddeley (2012), po zebraniu wyników z powyższych badań.

Pętla fonologiczna to komponent na bieżąco przechowujący małe ilości informacji usłyszanych, to znaczy związanych z mową i innymi dźwiękami. Według Baddeleya (2007) wykształciła się ona przede wszystkim po to, by umożliwić uczenie się języka (Baddeley i in., 1998). Pętla fonologiczna składa się z dwóch części: magazynu fonologicznego (*phonological store*) i mechanizmu pętli artykulacyjnej (*articulatory rehearsal mechanism* lub też: *verbal rehearsal mechanism*). Magazyn fonologiczny pasywnie przechowuje akustyczne ślady pamięciowe przez krótki czas. Po upływie ok. 2 sekund następuje zanikanie śladów pamięciowych (*trace decay*). Mechanizm powtarzania artykulacyjnego jest bardziej aktywną częścią pętli, bo zapobiega zanikaniu wybranych śladów pamięciowych z magazynu fonologicznego. Robi to przez umysłowe (tj. bezgłośnie; *covert verbalisation*) odświeżanie przechowywanej sekwencji dźwięków (słów), jakby recytowanie ich w umyśle (*rehearsal*). Każdy tak powtórzony dźwięk znowu ulega zanika-

niu, jeśli nie zostanie ponownie odświeżony. W ten sposób mechanizm powtarzania artykulacyjnego zwiększa wydajność pętli fonologicznej w pamięci roboczej. Drugą jego funkcją, według Baddeley'a (1986) jest przekształcanie informacji wizualnych w mowę (*verbal recoding*), co polega na nadawaniu etykiet werbalnych informacji wzrokowej, np. zdjęcie kota (lub napis „KOT”) może otrzymać etykietę werbalną „kot”. Takie przekształcenie z formatu wizualnego na werbalny ułatwia zapamiętywanie informacji wizualnych, ponieważ ich ślad pamięciowy może być wtedy podtrzymywany w pętli fonologicznej (w przeciwieństwie do obrazu kota, brzmienie słowa „kot” można iterować w umyśle, bezgłośnie je powtarzając). Zatem informacja wizualna także może dostać się do pętli fonologicznej, pod warunkiem podjęcia wysiłku związanego z etykietowaniem (rekodowaniem) tej informacji na właściwy (fonologiczny) format (Baddeley, 1986).

Badania dowodzące istnienia mechanizmu pętli artykulacyjnej doprowadziły do odkrycia zjawiska nazwanego efektem długości słów (*word length effect*; Baddeley i in., 1975). Dłuższe (tj. zawierające więcej sylab) słowa trudniej jest przywołać z pamięci niż krótsze słowa. Prawdopodobnie dzieje się tak, ponieważ bezgłośnie powtarzanie w umyśle dłuższych słów zajmuje więcej czasu, więc trudniej jest je uchronić od zaniku w pętli fonologicznej (mniej takich słów się zmieści w czasie 2 sekund). Ten krótki czas przechowywania właściwy pętli fonologicznej pozwala wyjaśnić również to, dlaczego osoby badane, które mają szybsze tempo mówienia (a więc szybciej powtarzają w umyśle zapamiętywane obiekty), są w stanie odtworzyć z pamięci więcej słów niż osoby o wolniejszym tempie mówienia. Dokładnie, wyniki badań pokazują, że ludzie zapamiętują tyle, ile są w stanie przeczytać w ciągu 1,8 sekundy (Baddeley i in., 1975).

Ponieważ mechanizm pętli artykulacyjnej komplikuje prowadzenie badań (badacz nie ma pewności, czy i którzy badani korzystają z bezgłośniego powtarzania, omijając ograniczenia pojemności pamięci roboczej), stworzono technikę, która go blokuje. Nazywa się ją procedurą tłumienia artykulacyjnego (*articulatory suppression*). W procedurze tej instruuje się osoby badane, by w trakcie eksperymentu wypowiadały na głos różne niezwiązane z bodźcami słowa (np.

raz dwa trzy, raz dwa trzy... itd.). Takie dodatkowe zadanie jest wystarczająco proste, by nie obciążać zbyt mocno pamięci roboczej, a jednocześnie zajmuje zasoby mechanizmu pętli artykulacyjnej na tyle, że nie można go wykorzystać do odświeżania śladu pamięciowego bodźców testowych (Baddeley i in., 1984; Murray, 1968).

4. Szkicownik wzrokowo-przestrzenny

Inspiracją do projektowania odrębnego komponentu przetwarzającego informacje o charakterze wizualnym (w tym informacji przestrzennych), były badania nad trwałością śladu pamięciowego punktu położonego na linii (Posner & Konick, 1966) lub w przestrzeni (Dale, 1973), który utrzymywał się nawet pół minuty, jeśli nie był zakłócony zadaniem konkurencyjnym. By przetestować to zjawisko, eliminując możliwość wspierania śladu pamięciowego przy użyciu pętli fonologicznej (przez nazywanie obiektów), Phillips i Baddeley (1971) mierzyli jakość odpamiętywania różnych (losowo do połowy wypełnionych) matryc 5x5, wykazując pogorszenie wykonania zadania z upływem sekund. Matryce Phillipsa i Baddeleya (1971), w zmodyfikowanej wersji, były ciekawie wykorzystane przez Della Salę i współpracowników (1999), którzy zestawili wyniki dotyczące ich zapamiętywania z wynikami zapamiętywania bodźców o charakterze przestrzennym, w klasycznym teście klinicznym klocki Corsiego. Okazało się, że poziom wykonania obydwu testów różni się u tych samych osób badanych oraz że poziom wykonania zadań z informacjami przestrzennymi i zadań z informacjami wizualnymi pogarsza się, jeśli badani muszą wykonywać konkurencyjne zadania z przetwarzaniem informacji o tym samym charakterze (Baddeley, 2012; Della Sala i in., 1999).

Komponentem przechowującym informacje wzrokowe i przestrzenne jest w modelu pamięci roboczej Baddeley'a i Hitcha (1974) szkicownik wzrokowo-przestrzenny (Baddeley, Hitch, 1974; Baddeley, 1986). Początkowo Baddeley wyobrażał sobie ten komponent jako jednorodny, ale badania jego współpracownika Roberta Logiego, zafascynowanego zjawiskiem wyobraźni wzrokowej i mnemotechnikami, przekonały

go do zmiany zdania (Baddeley, 2012). Logie (1986, 1995) udowodnił, że w strukturze szkicownika warto wyróżnić dwa mechanizmy: magazyn wzrokowy (*visual cache*) i wewnętrzny „skrybę” (*inner scribe*). Magazyn wzrokowy biernie przechowuje informacje dotyczące wyglądu obiektów (kolor, kształt, wzór). Natomiast wewnętrzny skryba pełni bardziej aktywną rolę, odpowiadając za tworzenie wyobrażeń i planowanie sekwencji ruchów. Obydwa mechanizmy współpracują ze sobą, ponieważ wewnętrzny skryba korzysta z informacji przechowywanych w magazynie wzrokowym. Wiele późniejszych badań, również angażujących neuroobrazowanie mózgu, potwierdziło tę odrębność funkcjonowania informacji wzrokowej i przestrzennej w pamięci roboczej (Klauer, Zhao, 2004; Smith, Jonides, 1997). Niektórzy badacze idą jeszcze dalej dowodząc, że sens miałoby wydzielenie trzeciego mechanizmu, odpowiedzialnego za przechowywanie informacji kinestetycznych (np. ruchy ciała w trakcie tańca; Smyth i Pendleton, 1990), a sam Baddeley wskazuje również na niejasność statusu informacji związanych z dotykiem (*tactile*) w pamięci roboczej (Baddeley, 2012).

Trwałość śladów pamięciowych w szkicowniku jest niewielka, lecz nie ma spójnych odpowiedzi na pytanie o to, ile czasu informacja wzrokowo-przestrzenna utrzymuje się w pamięci roboczej zanim zaniknie. Badacze nie są zgodni co do tego, czy i jak działa w szkicowniku funkcja odświeżania (powtarzania) informacji tak, by zapobiec degradacji śladu pamięciowego. Logie (1995, 2011) przypisuje taką zdolność wewnętrznemu skrybie.

5. Bufor epizodyczny

Jako ostatni do modelu pamięci roboczej został dodany bufor epizodyczny (Baddeley, 2000). Tak jak poprzednie magazyny informacji wzrokowo-przestrzennej i fonologicznej, bufor epizodyczny przechowuje informacje przez krótki czas, aby móc wykonać bieżące zadanie. W przeciwieństwie do pozostałych dwóch magazynów jednak, bufor nie specjalizuje się w jednym rodzaju przechowywanej informacji. Jest wielomodalny, to znaczy informacje, które przechowuje pochodzą z różnych zmysłów, (np. wygląd

pomieszczenia, dźwięki rozmów, zapachy, gestykulacje) i powiązane ze sobą tworzą spójne reprezentacje całych wydarzeń (np. sytuacja romantycznej kolacji). Aby dokonywać takiej integracji, bufor współpracuje ściśle z komponentem nadrzędnym – centralnym systemem wykonawczym (Baddeley, 2000).

Są trzy główne kanały, którymi informacje mogą dostać się do bufora epizodycznego, by tworzyć tak złożone i spójne znaczeniowo reprezentacje wydarzeń. Pierwszym są wymienione wcześniej komponenty pamięci roboczej: szkicownik wzrokowo-przestrzenny i pętla fonologiczna. Drugim jest po prostu percepcja, a więc dane dostarczane bezpośrednio ze zmysłów. Trzecim źródłem jest pamięć długotrwała (Baddeley, 2007). Ze względu na to trzecie źródło – bufor epizodyczny jest mostem między centralnym systemem wykonawczym a pamięcią długotrwałą oraz suplementuje informacje potrzebne do funkcjonowania szkicownika i pętli. Dzięki niemu więc możliwe jest wykorzystywanie zgromadzonej wcześniej wiedzy do rozwiązywania bieżących zadań.

Bufer epizodyczny jest ograniczony pojemnościowo ilością wydarzeń (epizodów), które może jednocześnie przechowywać, przy czym informacje mocno ze sobą powiązane i spójne zajmują mniej zasobów bufora. Dostęp pamięci roboczej do pamięci długotrwałej, umożliwiony przez bufor epizodyczny, ułatwia porcjowanie (łączenie w znaczące jednostki; *chunking*) zapamiętywanych obiektów, przez co omija się ograniczenia pojemności pamięci roboczej. Potwierdzają to wyniki licznych badań, m.in. nad: zapamiętywaniem słów znaczących vs bezsensownych (Hulme i in., 1991).

Co ciekawe, jeden z kontynuatorów myśli Baddeleya – Robert Logie – zachowując ideę wielokomponentowego modelu pamięci roboczej, proponuje rezygnację z bufora epizodycznego, którego funkcję spełniać mają interakcje między pozostałymi komponentami (Logie i in. 2021).

6. Centralny system wykonawczy

Centralny system wykonawczy (*central executive*, CE) to pomysł Baddeleya (1986) na ujęcie najbardziej skomplikowanych aspektów ludzkiego poznania,

jakimi są procesy zarządcze, kontrolujące przetwarzanie informacji w umyśle. Początkowo skromne i niejasne opisy tego komponentu, przypisywały mu odpowiedzialność przede wszystkim za koordynację pozostałych komponentów podrzędnych (*slave systems*), przechowujących informacje wizualne i słuchowe. W publikacji z 1986 roku Baddeley po raz pierwszy dokładnie opisał centralny system wykonawczy, wyraźnie nawiązując do konceptu nadzorczego systemu uwagowego (*supervisory attentional system*, SAS) Normana i Shallice'a (1986) jako pierwowzoru. Odtąd eksplorowanie głównych zadań tego najbardziej złożonego komponentu pamięci roboczej wiązało się nierozdzielnie z procesami uwagowymi, których rolę w różnych sytuacjach jest selekcja informacji ważnych i wyhamowywanie niepotrzebnych.

Ostatecznie Baddeley (1996) wyróżnił cztery funkcje centralnego systemu wykonawczego. Pierwszą z nich jest koncentracja uwagi, która pogarsza się wraz ze złożonością zadania wykonywanego przez osoby badane. Druga obejmuje podzielność uwagi, testowaną w badaniach z udziałem osób cierpiących na chorobę Alzheimera, które w porównaniu z grupą osób zdrowych uzyskiwały gorsze wyniki w wykonywaniu jednoczesnych zadań (*dual-task*). Trzecia funkcja centralnego systemu wykonawczego, badana przy użyciu procedury przełączania się między zadaniami (*tasks switching*), to przerzutność uwagowa. Później, wraz z pojawieniem się bufora epizodycznego jako trzeciego systemu przechowującego informacje w pamięci roboczej, do centralnego systemu wykonawczego dodana została także funkcja łącząca pamięć roboczą z pamięcią długotrwałą, polegająca na wydobywaniu potrzebnych informacji z pamięci trwałej i manipulowaniu nimi (Baddeley, 1996, 2000, 2007, 2012).

Podjęcie Baddeleya do procesów zarządczych stoi w opozycji do ujęć neuropsychologicznych, które próbują je zrozumieć przez badanie funkcji płatów czołowych (np. Bor i in., 2003). Temu sprzeciwia się Baddeley, przestrzegając przed ryzykiem wynikającym z pomieszczenia pojęć neuroanatomicznych z funkcjonalnymi wyjaśnieniami zjawisk psychologicznych. Należy według niego korzystać z odkryć dostarczanych przez badania kliniczne, lecz nie należy definiować funkcji poznawczych za pomocą struktur

mózgu (Baddeley, 1996). Podejście Baddeleya można opisać raczej jako psychometryczne, a więc związane z badaniem różnic indywidualnych, aczkolwiek różne od tradycyjnych ujęć tego typu. Tradycyjne podejścia psychometryczne zajmujące się procesami zarządczymi, nawiązują do pojęcia inteligencji i w pomiarze inteligencji upatrują możliwości podglądania pracy procesów zarządczych (lub nadrzędnego procesora zarządczego, który mógłby odpowiadać centralnemu systemowi wykonawczemu jako części pamięci roboczej). Nacisk na pomiar, który jest istotą podejść psychometrycznych sprawia, że rodzaj i kompilacja zadań testowych mierzących różne zestawy procesów poznawczych, stają się kluczowym problemem tego ujęcia (por. sekcja: *Szerszy kontekst*).

Otwartą pozostaje debata o tym, czy centralny system wykonawczy jest (jak proponuje Baddeley) jednorodnym systemem o różnych funkcjach, który niczym *homunculus* – metaforyczny mieszkaniec umysłu – zarządza informacjami przechowywanymi tymczasowo w pozostałych podsystemach (np. Attneave, 1961; Baddeley, 1998), czy raczej jest wiązką różnych niezależnych, ale współpracujących procesów kontrolnych. Na szczególną uwagę w tej debacie zasługują współczesne badania funkcji wykonawczych (*executive functions*), które są konstruktem zawierającym w sobie różnego rodzaju odrębne zdolności: m.in. planowanie przyszłych działań, przerzutność uwagi, hamowanie, aktualizowanie informacji w pamięci roboczej, generowanie nowych informacji, monitorowanie przebiegu realizacji celu (np. Miyake i in., 2000).

Nowa odsłona wielokomponentowego modelu pamięci roboczej, zaproponowana przez Logiego, Belletiera i Doherty'ego (2021) przedstawia inny pogląd na naturę procesów zarządczych. Autorzy ci podtrzymują ideę komponentów, które przechowują tymczasowo informacje specyficzne dla danej dziedziny (z wyjątkiem bufora epizodycznego), ale rezygnują zupełnie z centralnego systemu wykonawczego. Według nich procesy kontrolne są efektem interakcji poszczególnych komponentów pełniących swoje funkcje, zatem centralny system wykonawczy to raczej właściwość, która się wyłania z licznych jednoczesnych interakcji podsystemów przechowujących i przetwarzających informacje (Logie, Belletier i in., 2021).

7. Szerszy kontekst

Model pamięci roboczej Baddeley'a i Hitcha, opisany pierwszy raz 1974 roku, był przez dekady wykorzystywany zarówno jako podstawa do badań naukowych nad pamięcią roboczą, jak i do badań różnic indywidualnych w procesie diagnozy (np. pomiar pamięci roboczej w skalach inteligencji). Tymczasem, w latach dziewięćdziesiątych zaczęły się pojawiać konkurencyjne – jednorodne modele pamięci roboczej, rzucające wyzwanie głównej tezie modelu Baddeley'a i Hitcha (1974) o wielokomponentowości. Najpopularniejszymi modelami jednorodnymi są modele aktywacyjne Cowana (1998, 2001, 2017) i Oberauera (2002, 2011), przedstawiającymi pamięć roboczą jako uaktywnioną (przez procesy uwagowe) część pamięci długotrwałej i niewyróżniającymi odrębnych komponentów przechowywania informacji.

Konflikt dotyczący jednorodności vs wielokomponentowości systemu pamięci roboczej ma swoje odzwierciedlenie w praktyce diagnostycznej, a zwłaszcza na etapie konstrukcji narzędzi diagnostycznych. Jeśli ludzka pamięć podręczna jest złożona z wielu podsystemów, to zadania testowe powinny mieć zdolność pomiaru działania każdego z nich odrębnie. Jednak w przypadku zdrowych osób dorosłych ciężko jest zbadać odrębność komponentów, ponieważ działają one w zintegrowany sposób, dając wrażenie jakby były systemem jednorodnym. Logie, Belletier i Doherty (2021) zauważają, że jeśli chodzi o procesy poznawcze, nie istnieją takie zadania, które mierzyłyby wyseparowane konstrukty. Osoby badane, podczas wykonywania zadań testowych, korzystają z tych zasobów umysłu, które aktualnie uznają za potrzebne. Tak samo jest w przypadku pamięci roboczej – jeśli jest ona złożona z wielu komponentów, to trudno jest sprawdzić, z którego komponentu korzysta osoba badana, by wykonać zadanie. Ta sama osoba badana może wręcz w różnych próbach w ramach jednego testu posługiwać się różnymi środkami (np. kształty lub kolory na ekranie mogą być przechowywane w formie wzrokowej, werbalnej lub formie skojarzeń znaczeniowych).

Od wskrzeszenia konceptu pamięci roboczej przez Baddeley'a i Hitcha (1974) pojawiło się wiele różnych jej ujęć, lecz jednocześnie badacze publikują coraz więcej prób syntez odkryć pochodzących z róż-

nych ośrodków akademickich (np. Logie, Camos, i in., 2021; Oberauer i in., 2018). Wyzwania jakie stoją przed badaczami integrującymi ogrom wiedzy zgromadzonej przez 50 lat na temat pamięci roboczej oscylują wokół następujących pytań: (1) jaka jest relacja struktury pamięci roboczej do procesów uwagowych, procesów kontrolnych, pamięci długotrwałej i świadomości? (2) Jakie funkcje pełni w umyśle pamięć robocza i jakim zmianom rozwojowym one

podlegają? (3) Jak rozumieć ograniczenia pamięci roboczej, a co za tym idzie, jak skutecznie badać różnice między ludźmi w tym zakresie? I wreszcie (4) co wiemy o korelatach neurologicznych i neuropsychologicznych pamięci roboczej. Jeśli synteza danych gromadzonych od pół wieku na temat pamięci roboczej będzie przebiegała owocnie, to zapowiadają się ciekawe czasy zarówno dla badaczy jak i diagnostów ludzkiego poznania.

Bibliografia

- Anderson, J.R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51(4), 355-365. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.4.355>
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968). *Human Memory: A Proposed System and its Control Processes*, 89-195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)
- Attneave, F. (1961). In defense of homunculi. (W:) W.A. Rosenblith (red.), *Sensory Communication*, 777-782. Wiley.
- Baddeley, A.D. (1966a). Short-term Memory for Word Sequences as a Function of Acoustic, Semantic and Formal Similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 362-365. <https://doi.org/10.1080/14640746608400055>
- Baddeley, A.D. (1966b). The Influence of Acoustic and Semantic Similarity on Long-term Memory for Word Sequences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 302-309. <https://doi.org/10.1080/14640746608400047>
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5-28. <https://doi.org/10.1080/713755608>
- Baddeley, A.D. (1998). The central executive: A concept and some misconceptions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4(5), 523-526. <https://doi.org/10.1017/S135561779800513X>
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A.D. (2007). *Working Memory, Thought, and Action*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198528012.001.0001>
- Baddeley, A.D. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A.D., Gathercole, S., Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105(1), 158-173. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.105.1.158>
- Baddeley, A.D., Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation*, 47-89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A.D., Lewis, V., Vallar, G. (1984). Exploring the Articulatory Loop. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 36(2), 233-252. <https://doi.org/10.1080/14640748408402157>
- Baddeley, A.D., Thomson, N., Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575-589. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(75\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4)
- Bor, D., Duncan, J., Wiseman, R.J., Owen, A.M. (2003). Encoding strategies dissociate prefrontal activity from working memory demand. *Neuron*, 37(2), 361-367. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)01171-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)01171-6)
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and Communication*. Pergamon Press.
- Conrad, R., Hull, A.J. (1964). Information, Acoustic Confusion And Memory Span. *British Journal of Psychology*, 55(4), 429-432. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1964.tb00928.x>
- Cowan, N. (1998). *Attention and Memory*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195119107.001.0001>
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-114. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin Review*, 24(4), 1158-1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- Craik, F.I.M., Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(72\)80001-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(72)80001-X)
- Dale, H.C.A. (1973). Short-Term Memory For Visual Information. *British Journal of Psychology*, 64(1), 1-8. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1973.tb01320.x>
- Daneman, M., Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450-466. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A.D., Allamano, N., Wilson, L. (1999). Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37(10), 1189-1199. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00159-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00159-6)
- Engle, R.W., Kane, M.J., Tuholski, S.W. (1999). Individual Differences in Working Memory Capacity and What They Tell Us About Controlled Attention, General Fluid Intelligence, and Functions of the Prefrontal Cortex. (W:) *Models of Working Memory*, 102-134. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174909.007>
- Ericsson, K.A., Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102(2), 211-245. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.2.211>
- Hulme, C., Maughan, S., Brown, G.D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30(6), 685-701. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90032-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90032-F)
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*: Vol. I. Henry Holt and Company.

- Klauer, K.C., Zhao, Z. (2004). Double Dissociations in Visual and Spatial Short-Term Memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 355-381. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.355>
- Locke, J. (1690/1955). *Rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*. Warszawa: PWN.
- Logie, R.H. (1986). Visuo-Spatial Processing in Working Memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 38(2), 229-247. <https://doi.org/10.1080/14640748608401596>
- Logie, R.H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Logie, R.H., Belletier, C., Doherty, J.M. (2021). Integrating Theories of Working Memory. (W:) *Working Memory*, 389-430. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0014>
- Logie, R.H., Camos, V., Cowan, N. (2021). *Working Memory: The state of the science*. Oxford University Press.
- Meyer, D.E., Kieras, D.E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part I. Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104(1), 3-65. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.1.3>
- Miller, G.A., Galanter, E., Pribram, K.H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. Henry Holt and Co. <https://doi.org/10.1037/10039-000>
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Murray, D.J. (1968). Articulation and acoustic confusability in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 78(4, Pt.1), 679-684. <https://doi.org/10.1037/h0026641>
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Harvard University Press.
- Norman, D.A., Shallice, T. (1986). Attention to Action. In *Consciousness and Self-Regulation*, 1-18. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1
- 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. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.411>
- Oberauer, K. (2019). Working Memory and Attention – A Conceptual Analysis and Review. *Journal of Cognition*, April, 1-23. <https://doi.org/10.5334/joc.58>
- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Awh, E., Brown, G.D. A., Conway, A., Cowan, N., Donkin, C., Farrell, S., Hitch, G.J., Hurlstone, M.J., Ma, W.J., Morey, C.C., Nee, D.E., Schwenke, J., Vergauwe, E., Ward, G. (2018). Benchmarks for Models of Short-Term and Working Memory. *Psychological Bulletin*, 144(9), 885-958. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/bul0000153>
- Orzechowski, J. (2012). *Magiczna liczba jeden, czyli co jeszcze zmieści się w pamięci roboczej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Phillips, W.A., Baddeley, A.D. (1971). Reaction time and short-term visual memory. *Psychonomic Science*, 22(2), 73-74. <https://doi.org/10.3758/BF03332500>
- Posner, M.I., Konick, A.F. (1966). Short-term retention of visual and kinesthetic information. *Organizational Behavior and Human Performance*, 1(1), 71-86. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(66\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0030-5073(66)90006-7)
- Smith, E.E., Jonides, J. (1997). Working Memory: A View from Neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33(1), 5-42. <https://doi.org/10.1006/cogp.1997.0658>
- Smyth, M.M., Pendleton, L.R. (1990). Space and Movement in Working Memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 42(2), 291-304. <https://doi.org/10.1080/14640749008401223>