



# Metody badania pamięci w ujęciu teorii rozmytego śladu

**Michał Obidziński**  
Instytut Psychologii  
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie  
*m.m.obidzinski@gmail.com*

Przyjęto 3 marca 2018; zaakceptowano 20 sierpnia 2018; opublikowano 29 lipca 2019.

## Abstrakt

Artykuł omawia metody eksperymentów pamięciowych, najczęściej stosowanych w badaniach opartych o teorię rozmytego śladu. Na początku przedstawiono pokrótce samą teorię. Następnie omówiono poszczególne metody (ich procedurę badawczą, sposoby analizy wyników oraz możliwości i ograniczenia) uporządkowane zgodnie z chronologią pojawiania się ich w praktyce badawczej. Prezentowane metody to kolejno: paradygmat DRM, model wspólnego rozpoznawania, uproszczony model wspólnego rozpoznawania, kwantowy model pamięci epizodycznej oraz jego zgeneralizowana wersja.

**Słowa kluczowe:** psychologia; pamięć; teoria rozmytego śladu; metodologia; modele wielomianowe.

## 1. Wprowadzenie

*Teoria rozmytego śladu (Fuzzy-Trace Theory)* stanowi rozwinięcie koncepcji pochodzących z obszaru psycholingwistyki (por. Reyna, 2012). Oparte jest ono o zagadnienie śladów pamięciowych (np. Tulving, Watkins, 1975) i poparte licznymi badaniami empirycznymi, przeprowadzonymi od czasu pierwszych publikacji Brainerda i Reyny opisujących założenia ich koncepcji (Brainerd, 1984; Brainerd, Reyna, 1990a, 1990b). Podstawę teorii rozmytego śladu stanowi założenie, iż w trakcie kodowania informacji w pamięci zapisane zostają dwa ślady pamięciowe: *ślad formy/dosłowny* (ang. *verbatim trace*) i *ślad treści/znaczenia* (ang. *gist trace*). Ślady te w myśl niniejszej teorii powstawać mają równolegle i niezależnie, co odróżnia ją znacząco od koncepcji psycholingwistycznych, które uznawały, iż ślad treści jest pochodny wobec śladu formy.

Ślad formy, zgodnie z założeniami teorii rozmytego śladu, stanowi pamięciowy zapis informacji „płytkich” o danym bodźcu (jego właściwości fizycznych, brzmienia, koloru, kształtu, elementów składających się na niego itp.). Przykładami informacji zapisanej w śladzie formy mogą być, na przykład, konkretna liczba (np. 1345), kształt i kolor urządzenia stojącego w garażu czy informacje o tym, jak skonstruowane jest konkretne słowo. Ślad ten pozwala na precyzyjne odtworzenie z pamięci danego bodźca czy rozróżnienie między informacjami podobnymi do siebie (w tak zwanym procesie *odrzużenia przez przypomnienie*, ang. *recollection rejection* [por. Brainerd, Reyna, Wright, Mojardin, 2003]). W kontekście procesów rozumowania, ślad formy jest niezbędny dla myślenia analitycznego<sup>1</sup>, wolniejszego i bardziej kosztownego poznawczo, jednak bardziej precyzyjnego (por. Reyna, 2012).

Ślad treści z kolei stanowi zapis informacji głębokich. Dotyczących znaczenia, które posiada lub które niesie ze sobą dany bodziec. Przykłady stanowiąc mogą: informacja o tym, iż dana liczba jest duża/miała, informacja o zastosowaniu danego przedmiotu (na przykład samochód – służy do szybszego podróżowania), czy też o znaczeniu danego słowa (na przykład słowo lekarz oznacza osobę, która ukończyła studia medyczne i zajmuje się leczeniem innych ludzi). Ślad treści umieszczony jest w kontekście sieci semantycznej (np. Collins, Loftus, 1975) – tak zwanej hierarchii znaczeń (ang. *gist hierarchy* [Reyna, 2012]). Wraz z rozwojem człowieka, jego umysł w coraz większym stopniu polega na śladzie treści<sup>2</sup>. Przyczyną tej dominacji może być jego trwałość w czasie, mniejsze koszty poznawcze związane z wykorzystaniem go w rozumowaniu, czy też jego kluczowe znaczenie w odniesieniu do jakości komunikacji międzyludzkiej (por. De Martino, Kumaran, Seymour, Dolan, 2006; Reyna, Brainerd, 2011). Pamięć oparta o ślad treści jest jednak bardziej narażona na błędne rozpoznanie bodźca podobnego jako właściwego między innymi na skutek *fantomowego przypomnienia* (ang. *phantom recollection* [Brainerd, Wright, Reyna, Mojardin, 2001]), czy też uznanie bodźca docelowego (z którym jednostka faktycznie miała styczność) za bodziec wyłącznie podobny do niego. Wspomniany wcześniej proces fantomowego przypomnienia określić można jako silne wydobycie śladu treści; nagromadzenie informacji o bardzo podobnym śladzie treści spowodować może reakcję przekonania o wcześniejszej rejestracji bodźca, który posiada treść odpowiadającą tej nagromadzonej. W procesach rozumowania i podejmowania decyzji wydobycie śladu treści wiąże się z myśleniem intuicyjnym: jest ono szybsze i mniej kosztowne, ale też mniej precyzyjne w porównaniu do rozumowania analitycznego (por. Reyna, 2012).

---

<sup>1</sup> Jest tak, ponieważ skuteczne rozumowanie tego typu wymaga informacji precyzyjnych, np. nie uda się precyzyjnie oszacować różnicy między wartością dwóch produktów wiedząc tylko iż A, kosztuje więcej niż B. Potrzebne są dokładne ceny tych produktów.

<sup>2</sup> Na rzecz takiej dynamiki rozwojowej powołać można się na badania dotyczące różnic w liczbie przypomnienia słów krytycznych (procedura DRM, opisana w paragrafie 2). W eksperymentach pamięciowych małe dzieci nie odtwarzają/rozpoznają słów krytycznych (których rozpoznanie powiązane jest ze śladem treści) praktycznie wcale, zaś wraz z dojrzywaniem aż do dorosłości liczba przypomnianych słów krytycznych systematycznie wzrasta.

Na gruncie polskim teoria rozmytego śladu pozostaje po dziś dzień praktycznie niezauważona, o czym jednoznacznie świadczy niewielka liczba polskojęzycznych prac poruszających to zagadnienie (pozycje: Michalik, Szpitalak, 2015; Nieznański, 2015, Obidziński, 2016a, 2017, 2018; Szpitalka, Polczyk, 2017). Również w przypadku artykułów angielskich przygotowanych przez polskich naukowców dominują te same nazwiska (np. Obidziński, Nieznański, 2017; Polak, Dukała, Szpitalak, Polczyk, 2016; Polczyk, 2017). Tymczasem w literaturze światowej znaleźć możemy liczne badania i analizy odwołujące się do założeń tej teorii bezpośrednio w swojej metodologii lub przy opracowywaniu wyników, dotyczące bardzo różnej tematyki (np. Biesecker, Austin, Caleshu, 2017; Bouwmeester, Vermunt, Sijtsma, 2007; Ceci, Bruck, 1998; Chick, Reyna, 2012; Corbin, Reyna, Weldon, Brainerd, 2015; Reyna i in., 2018; Wolfe, 1995). Oczywiście i tu dominują pewne nazwiska (np. twórców), jednak przekrój przez grupę badaczy wykorzystujących omawianą teorię jest znacząco większy.

Nieobecność teorii rozmytego śladu w świadomości polskich naukowców i praktyków jest tym bardziej dotkliwa, że mogłaby znaleźć zastosowanie w przypadku różnych zagadnień (pamięć długotrwała, fałszywe wspomnienia i błędy pamięciowe, podejmowanie decyzji, rozumowanie czy ryzykowne zachowania) i dziedzin psychologii (na przykład psychologii poznawczej, psychologii sądowej, psychologii rozwoju człowieka, psychologii wychowawczej czy psychologii klinicznej), a także w pedagogice (por. Obidziński, 2016a) czy filozofii (Obidziński, 2018).

Z powodu elementarnego charakteru procesów opisywanych w teorii rozmytego śladu, reprezentacja pamięciowa formy i treści może posłużyć do opisu różnego rodzaju systemów pamięci długotrwałej. Poniżej szerzej omówione zostaną systemy pamięci deklaratywnej (por. Squire, 1986), gdyż to do nich odwołują się omówione w tekście metody badawcze. Nie oznacza to, że teoria ta nie może się przydać w badaniach pamięci proceduralnej, ta jednak wymaga specyficznych metod badawczych. Można mówić o trzech systemach deklaratywnych:

1. Pamięć semantyczna / o faktach – jest to system przechowujący informacje o charakterze encyklopedycznym, oderwane od kontekstu ich uzyskiwania. To w tym systemie miałyby zlokalizowany być słownik umysłowy (wiedza o budowie i znaczeniu słów) czy wiedza zdobywana w trakcie nauki w szkole lub na studiach. Informacje w nim zawarte mogą być precyzyjne lub bardziej ogólne, przechowywana jest też wiedza o relacjach między nimi – zakłada się, iż informacje przechowywane w tym systemie mają strukturę sieciową (np. Collins, Loftus, 1975). Ważne jest, iż kontekst zapamiętywania jest stosunkowo nieistotny dla informacji przechowywanych w tym magazynie.
2. Pamięć epizodyczna – system przechowujący informacje mocno osadzone w kontekście, dotyczące pewnych wydarzeń w czasie (epizodów), na przykład „tego, co się stało dwa dni temu, gdy mój przyjaciel wracał z pracy”. Struktura tego systemu jest więc ściśle związana z relacją czasową i przestrzenną zapamiętywanych wydarzeń czy bodźców. Z tego powodu w eksperymentach pamięciowych, w których

zapamiętywać należy na przykład przynależność słów do różnych list eksperymentalnych, testowana jest nie pamięć semantyczna, lecz epizodyczna.

3. Pamięć autobiograficzna – jest to podsystem pamięci epizodycznej odpowiadający za przechowywanie wspomnień dotyczących wydarzeń, których uczestnikiem jest osoba zapamiętująca („gdy wracałem wczoraj z pracy, zobaczyłem, jak...”).

Założenia i metody badawcze teorii rozmytego śladu odnoszone są najczęściej do pamięci epizodycznej i autobiograficznej, podnosząc zagadnienie rozwojowej dynamiki pamięci i trwałości śladów formy i treści oraz ich znaczenia dla powstawania fałszywych wspomnień (por. Reyna, 2012). Jednak przykładem ich zastosowania do pamięci semantycznej może być słownik umysłowy czy procesy czytania do niego się odwołujące (por. Obidziński, 2017); podział na procesy związane z pamięcią formy i treści pozwala na przykład wskazać na potencjalne mechanizmy pamięciowe istotne dla procesu czytania. Przykłady badań omówione zostaną w dalszej części artykułu dla lepszego zobrazowania możliwości opisywanych metod.

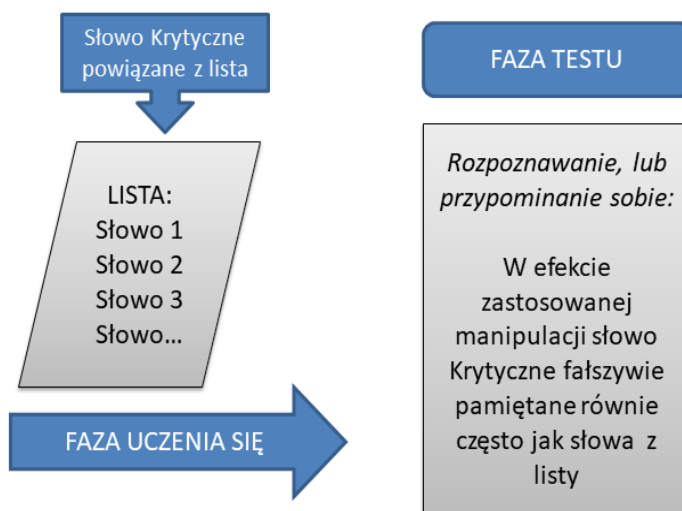
Niniejszy artykuł stanowi przegląd wybranych metod, które można odnaleźć w literaturze przedmiotu, stosowanych w badaniach funkcjonowania ludzkiej pamięci, w ujęciu teorii rozmytego śladu. Zostaną w nim opisane kolejno: paradygmat DRM (w jego interpretacji opartej o teorię rozmytego śladu), model wspólnego rozpoznawania, uproszczony model wspólnego rozpoznawania (oraz jego modyfikacja) i kwantowy model pamięci epizodycznej (ang. *quantum episodic memory model*). W przypadku każdego z nich omówione zostaną: procedura badawcza, jej odniesienie do teorii rozmytego śladu, a także zagadnienia dotyczące analizy oraz interpretacji wyników.

## 2. Paradygmat DRM

Nazwa omawianej procedury bierze się od nazwisk twórcy pierwszej wersji prezentowanej metody Deese’ego (1959) oraz badaczy, którzy dokonali jej modyfikacji i rozposzechnienia w literaturze naukowej Roedigera i McDermott (1995; zob. też Ulatowska, Olszewska, 2013: polska adaptacja paradygmatu). Paradygmat DRM stanowi procedurę badania pamięci, która powoduje pojawianie się u badanych osób fałszywych wspomnień, jakoby dane słowa były im prezentowane w trakcie badania. W rzeczywistości słowa te są jedynie znaczeniowo (lub też fonologicznie – w zmodyfikowanych wersjach paradygmatu [por. Westbury, Buchanan, Brown, 2002]) powiązane ze słowami tworzącymi prezentowane wcześniej listy. Przykładowo, dla *słowa krytycznego* (nieobecnego na liście, jednak z nią powiązanego) „igła” lista składa się z takich słów jak: szpilka, kłuje, nitka, szyć itd. Złudzenia pamięciowe pojawiają się zarówno w przypadku, gdy osoba ma za zadanie swobodnie wydobywać słowa z pamięci, jak i wtedy, gdy musi rozpoznawać, czy prezentowane jej w fazie testu słowa były również prezentowane w fazie uczenia się (czy też są nowe). Standardowo w trakcie badania uczestnikom prezentuje się kilka list, a każda składa się z kilkunastu słów powiązanych znaczeniowo z odpowiednimi słowami krytycznymi. Efekt zachodzi zarówno w przypadku procedury odtwarzania (*retrieval*) – próby

odtworzenia z pamięci zapamiętywanej listy – jak i rozpoznawania (*recognition*) – próby prawidłowego oznaczenia bodźców, które faktycznie były na liście, i tych, których na niej nie było (na przykład poprzez odpowiedzi TAK/NIE).

Od czasu prezentacji paradygmatu przeprowadzono wiele badań z jego wykorzystaniem, co dobrze obrazuje licznik cytowań na portalu *scholar.google.com* wskazujący na 3863 cytowania ich pierwszego tekstu. Część badań dotyczyła różnic międzygrupowych w zakresie podatności na wywoływanie złudzeń pamięciowych. Przykładowo Brainerd, Reyna i Zember (2011) porównywali wykonanie testu DRM przez osoby dorosłe i dzieci, zaś Weekes, Hamilton, Oakhill i Holliday (2008) – przez dzieci mające problemy z czytaniem ze zrozumieniem oraz dzieci bez takich trudności. W innych badaniach manipulowano materiałem badawczym w celu lepszego zrozumienia przyczyn powstawania złudzeń pamięciowych (np. Roediger, Watson, McDermott, Gallo, 2001). Powstały też zmodyfikowane wersje paradygmatu, w których na miejsce list powiązanych znaczeniowo stosowano listy powiązane fonologicznie oraz listy hybrydowe, czyli złożone zarówno ze słów powiązanych fonetycznie, jak i semantycznie<sup>3</sup> (por. Watson, Balota, Roediger, 2003). DRM doczekał się również kilku koncepcji, opisujących procesy odpowiedzialne za powstawanie złudzeń pamięciowych. Jedną z nich stanowi właśnie teoria rozmytego śladu.



Rysunek 1. Graficzna prezentacja paradygmatu DRM.

W ujęciu teorii Brainerda i Reynay powstawanie złudzeń pamięciowych w klasycznym paradygmacie DRM związane jest z funkcjonowaniem śladu treści. Konstrukcja listy – złożonej ze słów, których treść związana jest ze słowem krytycznym – wywołuje fałszywe

<sup>3</sup> Przykładowa hybrydowa lista DRM (Watson, Balota, Sergent-Marshall, 2001): *chill, told, warm, old, shiver, called, winter, sold, freezer, coal, snow, polled*; dla słowa krytycznego *cold*.

wspomnienia, gdy z pamięci wydobyty zostanie ślad treści. Ślad ten nie wskazuje precyzyjnie słowa, lecz niesioną przez nie treść. Słowo krytyczne z kolei posiada treść zgodną z wydobytym śladem, co w konsekwencji prowadzi do powstania złudzenia jego prezentacji w czasie pierwszej fazy badania. Z drugiej strony prawidłowe odpowiedzi – czyli wymienienie/rozpoznanie słów, które faktycznie były na listach – wiążą się z wydobyciem śladu formy. Ślad ten stanowi precyzyjną reprezentację pamięciową słowa, dlatego jego wydobywanie pozwala udzielić prawidłowej odpowiedzi. Warto zaznaczyć, iż ślad treści również może poprowadzić do prawidłowego rozpoznania słowa, jednak zachodzi to na zasadzie znajomości (*familiarity*), nie zaś przypomnienia (*recollection*) – i z tego też powodu przyczynia się on w wypadku DRM raczej do popełniania błędów niż udzielania prawidłowych odpowiedzi.

W kontekście analizy wyników otrzymanych w badaniu oznacza to, iż każde wydobywanie śladu formy prowadzi do prawidłowej odpowiedzi, zaś ślad treści prowadzi do niej tylko w niektórych sytuacjach. Tym samym, więcej prawidłowych odpowiedzi oznaczać ma częstsze wydobywanie śladu formy i odwrotnie. Z kolei każdy błąd, polegający na uznaniu słowa krytycznego za prezentowane w fazie uczenia się, związany jest ze śladem treści. Innymi słowy, większa liczba fałszywych wspomnień obecności słowa krytycznego wśród słów z pierwszej fazy badania oznacza częstsze wydobywanie śladu treści i odwrotnie. Przedstawiona powyżej interpretacja wyników, oparta o teorię rozmytego śladu, umożliwia porównywanie grup pod względem wydobywania śladów formy i treści (na dość ogólnym poziomie [por. Obidziński, Nieznański, 2017]).

Za przykład analizy wyników eksperymentu DRM w ujęciu teorii rozmytego śladu posłuży wspomniane wcześniej badanie Weeksa i innych (2008). Eksperyment ten przeprowadzono po to, aby zaobserwować różnice w funkcjonowaniu pamięci formy i treści pomiędzy grupą 10–11-letnich dzieci z zaburzeniem czytania ze zrozumieniem a grupą ich rówieśników bez zaburzeń uczenia się. Badanie przeprowadzono zarówno z wykorzystaniem testu odtwarzania, jak i rozpoznawania list. W obydwu przypadkach badacze zaobserwowali brak istotnych różnic w liczbie przypominanych słów z list. Jednak zarówno w przypadku odtwarzania, jak i rozpoznawania, większą liczbę słów krytycznych zaobserwowano w grupie osób bez zaburzeń uczenia się (średnia liczba słów krytycznych: 3,06 do 1,56 dla odtwarzania, średnie prawdopodobieństwo rozpoznania słowa krytycznego: 0,67 do 0,51 dla rozpoznawania). Badacze na tej podstawie wysnuwają wniosek, iż badane grupy nie różnią się pod względem funkcjonowania pamięci formy, jednak grupa z zaburzeniem czytania ze zrozumieniem charakteryzuje się osłabieniem pamięci treści.

Podsumowując, paradygmat DRM jest powszechnie znaną i stosowaną procedurą eksperymentalną służącą do badania pamięci, której wyniki można interpretować w ujęciu teorii rozmytego śladu. Dobrą stroną tej metody jest możliwość stosowania jej zarówno w procedurze testowej odtwarzania, jak i rozpoznawania; pozostałe omówione metody odnoszą się wyłącznie do drugiego z procesów wydobywania. Jej powszechność stanowi zaletę, gdyż jest ona znana wielu badaczom i często wykorzystywana w badaniach empirycznych, co

z jednej strony pozwala na umieszczenie badań w szerszym kontekście empirycznym, z drugiej zaś ułatwia pierwszy kontakt z omawianą teorią. Jednocześnie stanowi to jednak wadę tego podejścia badawczego. Jako że paradygmat DRM nie został stworzony do badania pamięci formy i treści, to uzyskiwane z jego wykorzystaniem wyniki cechują się niską precyzją. Wyidealizowane ujęcie, w którym uznajemy, że prawidłowe odpowiedzi oznaczają ślad formy, sprawia, iż nasze analizy pozostają na ogólnym poziomie, nie odnoszącym się do procesów bardziej elementarnych (takich jak na przykład fantomowe przypomnienie).

### **3. Model wspólnego rozpoznawania**

Druga z omawianych metod, stosowana w badaniach z zakresu teorii rozmytego śladu, jest autorskim modelem twórców tej teorii (Brainerd, Reyna, Mojardin, 1999). Procedura badawcza modelu wspólnego rozpoznawania składa się z jednej fazy uczenia się oraz trzech osobnych zadań w fazie testowej. Po zapoznaniu się z materiałem badawczym (lista bodźców), osoba badana ma za zadanie rozpoznawać, czy prezentowane jej słowo: (a) jest stare – znajdowało się na liście prezentowanej w fazie uczenia się, (b) jest nowe – nie znajdowało się na liście, lecz jest powiązane znaczeniowo ze słowami z listy, lub (c) jest stare lub powiązane.

W procedurze wspólnego rozpoznawania stosowane są trzy rodzaje bodźców: słowa stare, słowa powiązane ze słowami starymi oraz słowa nowe. Jedynie ostatni rodzaj bodźca powinien zostać odrzucony w przypadku wszystkich zadań w fazie testu. Do prawidłowego wykonywania postawionych przed badanym zadań niezbędna jest umiejętność oceniania identyczności i podobieństwa bodźców z obu faz procedury. Zgodnie z założeniami teorii rozmytego śladu, wydobywanie śladu formy związane jest z oceną identyczności, z kolei wydobywanie śladu treści – z odczuciem podobieństwa.

Oznacza to, iż w przypadku pierwszego zadania do prawidłowej odpowiedzi prowadzi wydobywanie śladu formy, w przypadku drugiego – wydobywanie śladu treści, zaś poziom wykonania ostatniego z zadań stawianego przed badanymi w fazie testowej związany jest zarówno z wydobywaniem śladu formy, jak i treści.

Na potrzeby tej procedury stworzono model wielomianowy. Model ten należy do szerszej rodziny modeli obliczeniowych stosowanych w badaniach z dziedziny psychologii poznawczej (np. Erdfelder i in., 2009; Nieznański, 2015; Obidziński, 2016b; Reifer, Batchelder, 1988). Przedstawia on prawdopodobieństwo każdej z możliwych odpowiedzi w każdym z zadań, a przy tym składa się z dziewięciu parametrów, stanowiących miary wydobywania śladów pamięciowych oraz tendencji do zgadywania w poszczególnych warunkach. W ten sposób pozwala mierzyć funkcjonowanie pamięci formy i treści bodźców.

Modele wielomianowe – w kontekście psychologicznym – opierają się na założeniu, iż w sytuacji, w której zbiór możliwych odpowiedzi osoby badanej (na bodźce testowe) jest dobrze zdefiniowany, rozkład tych odpowiedzi jest rozkładem wielomianowym. Oznacza to, że prawdopodobieństwo poszczególnych odpowiedzi sumuje się do jedności.

W modelach tych procesy psychiczne, zakładane przez wykorzystywaną teorię, stanowią parametry, zaś równania stworzone na ich podstawie stanowią matematyczne rozpisanie wszelkich możliwych ścieżek dotarcia do każdej z możliwych odpowiedzi osoby badanej. Modele wielomianowe pozwalają oszacować prawdopodobieństwo zarówno poszczególnych dróg udzielenia konkretnej odpowiedzi, jak i prawdopodobieństwo zajścia każdego z psychicznych procesów, które składają się na zbiór parametrów danego modelu. Estymacja przeprowadzana jest na zasadzie rozwiązywania równań z wieloma niewiadomymi (Obidziński, 2016b).

Jako model wielomianowy, model wspólnego rozpoznawania pozwala dokonać wglądu w bardziej elementarne procesy psychiczne, niedostępne zazwyczaj przy wykorzystaniu klasycznych metod analizy danych (por. Obidziński, Nieznański, 2017). Dzięki temu można dostrzec różnice w funkcjonowaniu pamięci śladów formy i treści, niemożliwe do zaobserwowania przy użyciu standardowych metod analizy danych pochodzących z paradygmatu DRM. Model umożliwia również kontrolowanie odpowiedzi opartych na zgadywaniu (poprzez szacowanie prawdopodobieństwa zgadywania).

#### 4. Uproszczony model wspólnego rozpoznawania

Omówiony powyżej model, zaproponowany przez Brainerda i innych (1999), mimo swoich walorów posiada jedną znaczącą wadę, którą są trzy osobne instrukcje testowe. Z jednej strony zwiększa to czasochłonność badania (czyniąc ją kosztowną dla badacza), z drugiej zaś procedura ta może męczyć i wpływać negatywnie na motywację osób badanych, biorących udział w eksperymentach opartych o tę metodę. W celu zwiększenia ekonomii badania, przy zachowaniu najważniejszych walorów modelu wspólnego rozpoznawania Stahl i Klauer (2008; 2009) zaprezentowali uproszczony model wspólnego rozpoznawania.

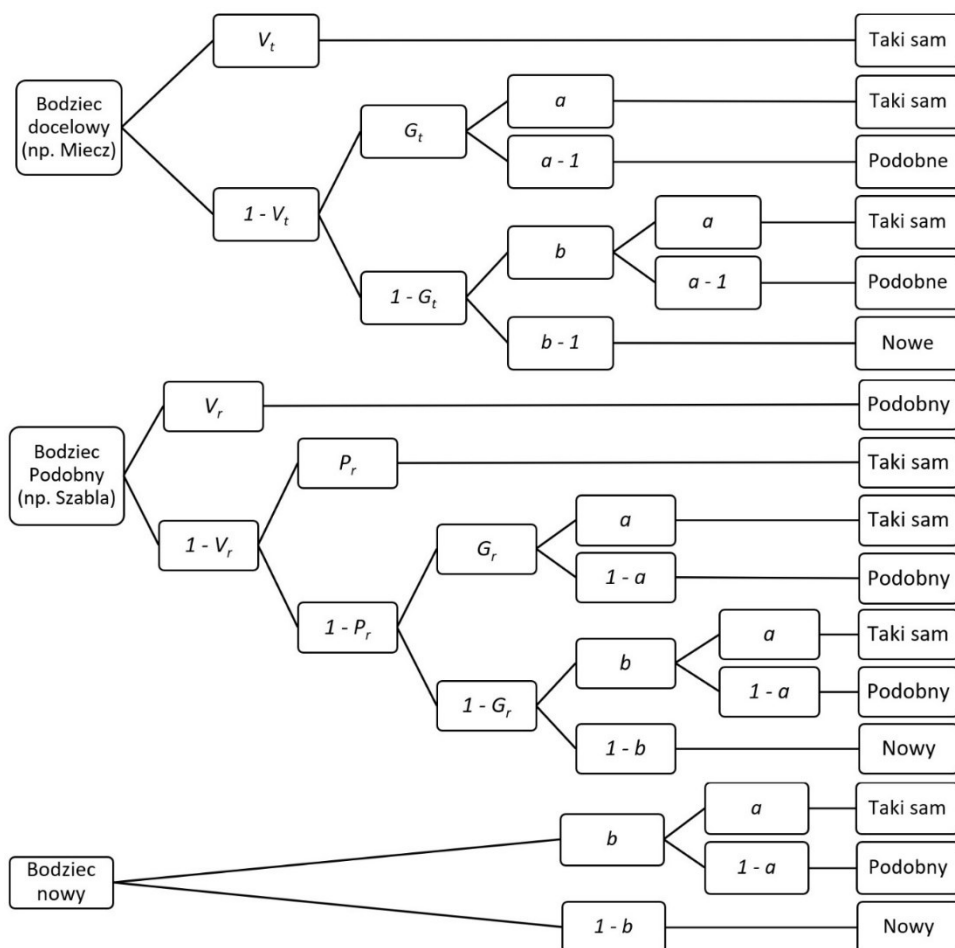
W miejsce trzech osobnych zadań, które badani wykonywali w klasycznym wariacie procedury wspólnego rozpoznawania, Stahl i Klauer zaproponowali jedno zadanie polegające na rozpoznawaniu, czy prezentowany bodziec stanowi: (a) bodziec docelowy, (b) bodziec powiązany, (c) bodziec nowy. Wśród bodźców testowych znajdowały się bodźce stare (prezentowane w fazie uczenia się), powiązane z nimi nowe bodźce oraz bodźce nowe i niepowiązane. Uproszczony model składa się z trzech drzew wielomianowych (Rysunek 2), po jednym dla każdego rodzaju prezentowanego bodźca. Opisują one wszystkie możliwe drogi dojścia do poszczególnych odpowiedzi, zakładane przez teorię rozmytego śladu, w sytuacji prezentacji poszczególnego rodzaju bodźców. Przykładowo, gdy zaprezentowany zostanie bodziec docelowy, model zakłada trzy drogi prowadzące do prawidłowej odpowiedzi „taki sam”: 1) wydobyć śladu formy; 2) przy braku wydobywania śladu formy, wydobyć śladu treści oraz zgadywanie, czy bodziec był prezentowany; 3) przy braku wydobywania śladu formy i śladu treści, zgadywanie, czy bodziec był prezentowany.

Model Stahla i Klauera składa się z następujących parametrów prawdopodobieństwa: wydobywania śladu formy w sytuacji prezentacji bodźca docelowego ( $Vt$ ); wydobywania śladu treści w przypadku prezentacji bodźca docelowego ( $Gt$ ); odrzucenia przez przypomnienie,



to znaczy wydobycia śladu formy w przypadku prezentacji bodźca podobnego ( $V_r$ ); wydobycia śladu treści w przypadku prezentacji bodźca podobnego ( $G_r$ ); fantomowego przypominania, czyli procesu powstawania złudzenia pamięciowego ( $P_r$ ); zgadywania na rzecz opcji „Taki sam” ( $a$ ); oraz zgadywania, że bodziec nierozpoznany był prezentowany ( $b$ ). Parametry te stanowią elementy równań, będących matematyczną formalizacją graficznych gałęzi drzew przetwarzania.

Prawdopodobieństwo konkretnej odpowiedzi, udzielonej po zajęciu konkretnego ciągu procesów psychicznych, równe jest iloczynowi prawdopodobieństwa zajęcia (lub nie) poszczególnych procesów. Przykładowo prawdopodobieństwo odpowiedzi „Taki sam” w przypadku, gdy zaprezentowany został bodziec podobny, na drodze wydobycia śladu treści, równe jest  $(1-V_r) \times (1-P_r) \times G_r \times a$ . Z kolei ogólne prawdopodobieństwo udzielenia jednej z trzech możliwych odpowiedzi równe jest sumie iloczynów poszczególnych ścieżek odpowiadania.



Rysunek 2. Uproszczony model wspólnego rozpoznawania Stahla i Klauera (2009).

Jednakże, w procedurze zaproponowanej przez Stahla i Klauera oceniane podobieństwo ma charakter jedynie semantyczny, a więc odnosi się do śladu treści. Pojawia się pytanie o podobieństwo oparte o ślad formy (na przykład ortograficzne). Prezentowany powyżej model nie pozwala badać procesów pamięciowych zachodzących, gdy pojawi się bodziec podobny w swojej formie. W celu uzupełnienia tej luki Obidziński i Nieznański (2017) zaprezentowali modyfikację procedury badania, opartą o triady słów.

Do każdego słowa docelowego dobrano dwa słowa podobne. Jedno z nich, jak w przypadku standardowej procedury, jest podobne znaczeniowo (ślad treści), drugie zaś ortograficznie (ślad formy). Przykładem takiej triady mogą być słowa: „beton” – „cement” (podobne w treści) – „baton” (podobne w formie). Badanie w tej procedurze składa się z dwóch list słów oraz dwóch zadań testowych. Jedno z nich jest tożsame z zadaniem w klasycznej procedurze. Drugie różni się jedynie tym, na jakie podobieństwa uwagę swą mają zwracać badani (ortograficzne w miejsce semantycznego). Model dla tej procedury składa się z 14 parametrów: siedmiu tożsamyh z parametrami podstawowej wersji modelu oraz siedmiu będących ich odpowiednikami dla podobieństwa ortograficznego.

Zaproponowana modyfikacja wpływa w pewnym stopniu negatywnie na ekonomię badania, zwiększając czas potrzebny na jego wykonanie. Każda część trwa około 10 minut, co oznacza podwojenie czasu względem standardowej procedury. Jednakże koszt ten związany jest z faktem, że modyfikacja ta pozwala odpowiedzieć na nowe pytania badawcze. Tym samym umożliwia jeszcze głębsze przeanalizowanie procesów pamięciowych, angażując w większym stopniu ślad formy niż procedura zaproponowana przez Stahla i Klauera (2008; 2009). Także w porównaniu z modelem wspólnego rozpoznawania (Brainerd i in., 1999) pozwala ona zebrać nowego rodzaju dane, pozostając równocześnie metodą bardziej ekonomiczną (wymaga od osób badanych wykonania dwóch zadań zamiast trzech). Rozszerzony model pozwala oceniać prawdopodobieństwo zajścia procesów dla podobieństwa formy, które nie mogły być szacowane w standardowej procedurze, na przykład fantomowe przypomnienie dla podobieństwa ortograficznego.

## 5. Kwantowy model pamięci epizodycznej

Ostatnie opisywane modele, stosowane w odniesieniu do teorii rozmytego śladu, dzielą swą procedurę z omawianym wcześniej modelem wspólnego rozpoznawania (choć można je zastosować również w badaniu monitorowania źródła<sup>4</sup>). Mowa o kwantowych modelach pamięci epizodycznej, które z kolei oparte są o kwantową teorię prawdopodobieństwa (ang. *quantum probability theory* [np. Rédei, Summers, 2007]). Przyczynę rozwoju owych modeli stanowi odkrycie dwóch efektów pamięciowych, pojawiających się w badaniach przy użyciu modeli standardowych (opartych o klasyczną teorię prawdopodobieństwa, jak

---

<sup>4</sup> Procedura badawcza monitorowania źródła polega na testowaniu pamięci osób badanych pod kątem prawidłowego przypisania źródła do bodźca (na przykład: na której z dwóch list pojawiło się dane słowo, czy który z dwóch lektorów wypowiedział dane zdanie).

na przykład teoria detekcji sygnałów): *efektu dystrybucyjności* (lub inaczej nierówności trójkąta, ang. *over-distribution effect*) oraz *efektu subaddytywności* (ang. *subadditivity effect*).

Pierwszy z nich oznacza sytuację, w której suma prawdopodobieństwa udzielenia konkretnej odpowiedzi w dwóch osobnych zadaniach jest większa od prawdopodobieństwa jej udzielenia, gdy zadania te zostaną połączone w jedno. Za przykład może posłużyć zadanie oceny tego, kto wykonał określone działanie (w sytuacji, gdy tylko jedna z osób mogła je wykonać). Wtedy prawdopodobieństwo tego, iż wykonał je Jan ( $P(\text{Jan})$ ), zsumowane z prawdopodobieństwem, że wykonał je Adam ( $P(\text{Adam})$ ), jest większe niż prawdopodobieństwo oszacowane w sytuacji, w której badany ma oceniać, czy dokonał tego Jan, czy Adam ( $P(\text{Jan lub Adam})$ ).

Standardowe modele pamięci trzeba było uzupełnić o różne dodatkowe założenia, aby ich przewidywania nie były sprzeczne z danymi empirycznymi<sup>5</sup>. Te jednak nie wpływały z teorii leżących u jej podstaw, przez co negatywnie wpływają na ich spójność. Jednakże w przypadku tego efektu podstawowe modele oparte o teorię rozmytego śladu stawiają założenia, które przewidują jego wystąpienie.

Efekt subaddytywności z kolei występuje, gdy suma prawdopodobieństwa różnych elementów pewnej klasy ( $P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$ ) wynosi więcej niż prawdopodobieństwo dla całej klasy ( $P(A)$ ). Przykładem może być badanie (Tversky, Koehler, 1994), w którym uczestnicy mieli za zadanie oszacować prawdopodobieństwo śmierci z powodów naturalnych oraz oszacować prawdopodobieństwo osobno dla poszczególnych przyczyn śmierci naturalnej (na przykład choroby nowotworowej, grypy, zawału). Suma prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych chorób okazała się o 15% większa niż oszacowanie bezpośrednio (różnica ta była istotna statystycznie), a tym samym ich badania wykazały występowanie efektu subaddytywności.

W kontekście badań nad pamięcią epizodyczną – przy zastosowaniu standardowego modelu – Brainerd, Wang, Reyna i Nakamura (2015) wykazali omawiany efekt w sytuacji, w której osobom badanym zaprezentowano dwie listy słów. Żadne ze słów z jednej listy nie powtarzało się na drugiej. Następnie poproszono, aby badani oceniali kolejno, czy prezentowane słowa pochodzą z listy pierwszej ( $P(L1)$ ), drugiej ( $P(L2)$ ) czy też są nowe ( $P(LN)$ ). Wbrew założeniom modelu, prawdopodobieństwo zsumowano do wyniku większego niż jeden ( $P(L1) + P(L2) + P(LN) > 1$ ).

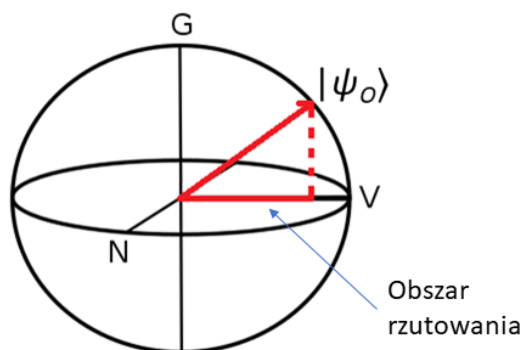
Rozwiązanie dla tych problemów może stanowić zastosowanie kwantowej teorii prawdopodobieństwa, nieprzemiennego odpowiednika klasycznej teorii prawdopodobieństwa (Trueblood, Hemmer, 2016). W miejsce *podzbiorów* (*subsets*) kwantowa teoria wykorzystuje, dla opisu pewnych *zdarzeń* (*events*), geometryczne pojęcie *podprzestrzeni* (*subspace*)

---

<sup>5</sup> Przykładowo *teoria detekcji sygnału* (np. Nieznański, 2015) w celu wyjaśnienia efektów dystrybucyjności i subaddytywności musi zakładać dodatkowe typologie bodźców testowych (niewypływające z samej konstrukcji eksperymentu) oraz efekty zmiany kryteriów między warunkami eksperymentalnymi (por. Trueblood, Hemmer, 2016). Założenia te nie wypływają w żaden sposób z samej teorii detekcji sygnału, są zaś przyjmowane *ad hoc* w celu oddalenia problemów związanych z pojawianiem się wspomnianych efektów.

wewnątrz przestrzeni wektorów  $H$ . Wewnątrz tej przestrzeni znajdować ma się *wektor stanu* (*state vector*), stanowiący *superpozycję* (czyli nałożenie na siebie) podstawowych wektorów przestrzeni  $H$ . Prawdopodobieństwo zaś jest w tym ujęciu obliczane poprzez rzutowanie wektora stanu  $|\psi_x\rangle$  (przy pomocy *macierzy rzutowania*:  $M_S$ , gdzie  $S$  oznacza podprzestrzeń) na odpowiednią podprzestrzeń, reprezentującą dane zdarzenie. Jest ono równe długości rzutowania podniesionej do kwadratu. Zaprezentowano to na rysunku 3. Jako przykład posłuży tu model Brainerda i innych (2013).

W kwantowym model dla teorii rozmytego śladu (jak wskazano na rysunku 3) wyróżniono trzy podprzestrzenie. Odpowiadają one kolejno: reprezentacji cech formy ( $V$ ), reprezentacji cech treści ( $G$ ) oraz reprezentacji cech bodźców nowych ( $N$ ). Dla słowa prezentowanego wcześniej wektor stanu stanowi superpozycję dla cech formy i cech treści. Posiadając wiedzę o wektorze stanu i podprzestrzeniach, możemy poznać prawdopodobieństwo wydobycia informacji o konkretnego rodzaju cechach poprzez rzutowanie wektora stanu na odpowiednią oś modelu. Tak więc, jeżeli chcemy poznać prawdopodobieństwo wydobycia śladu formy, dokonujemy rzutowania zaprezentowanego na rysunku 3. Z kolei, aby poznać prawdopodobieństwo wydobycia śladu treści dla danego bodźca, dokonać należy rzutowania wektora stanu na oś pionową, odpowiadającą podprzestrzeni cech treści danego bodźca.



**Rysunek 3. Przestrzeń kwantowego modelu pamięci epizodycznej Brainerda i innych (2013) z zaprezentowanym wektorem stanu dla słów starych projektowany na oś śladu formy: V oznacza podprzestrzeń cech formy, G – podprzestrzeń cech treści, zaś N – podprzestrzeń cech bodźców nowych.**

Ważną różnicę między teorią klasyczną a kwantową stanowi również fakt, iż operacje w teorii kwantowej nie muszą z konieczności przestrzegać następujących zasad:

1. *domknięcia* – w przypadku tej teorii operacje na zbiorze mogą dać w rezultacie wynik spoza tego zbioru;
2. *przemienności* – w przypadku tej teorii niekoniecznie  $a + b = b + a$ ;
3. *rozdzielności* – oznacza to, że w przypadku teorii kwantowej w sytuacji operacji  $a \times (b + c)$  niekoniecznie  $a \times b + a \times c = a \times d$  (gdzie  $d = b + c$ ).

Podstawowym pojęciem dla kwantowej teorii prawdopodobieństwa jest zasada *kompatybilności*. Kompatybilność oznacza, iż zdarzenia A i B mogą być dostępne jednocześnie, bez wprowadzania zaburzeń (nie wpływają na siebie). Z matematycznego punktu widzenia oznacza to, że  $P(X \text{ i } Y) = P(Y \text{ i } X)$ . Niekompatybilność z kolei oznacza, iż A i B nie mogą być dostępne jednocześnie, co z matematycznego punktu widzenia oznacza, że  $P(X \text{ i } Y) \neq P(Y \text{ i } X)$ . W przypadku kompatybilnych zdarzeń, do ich zdefiniowania używane są podprzestrzenie ortogonalne (tym samym są one tożsame ze zdarzeniami w teorii klasycznej). W przypadku niekompatybilnych zaś, podprzestrzenie je definiujące pozostają nie-ortogonalne (są specyficzne dla teorii kwantowej).

W dalszej części omówione zostaną pokrótce dwa modele: stworzony przez Brainerda, Wanga i Reyne (2013) *model kwantowej pamięci epizodycznej (quantum episodic memory, QEM)* oraz stanowiący jego rozwinięcie *zgeneralizowany model kwantowej pamięci epizodycznej (generalized quantum episodic memory, GQEM)* autorstwa Trueblood i Hemmer (2016).

Ujęcie podstawowe (Brainerd i in., 2013) oparto wyłącznie na kompatybilności podprzestrzeni. Model ten składa się z trzech podprzestrzeni: śladu formy, śladu treści oraz informacji nowych i niepowiązanych (*unrelated new*). Tym samym, z powodu kompatybilności tych trzech podprzestrzeni, przestrzeń H proponowanego modelu jest przestrzenią trójwymiarową (reprezentowaną przez sferę), zaś stan pamięci (wektor stanu) stanowi superpozycję tych trzech podstawowych wektorów.

W kwantowym modelu pamięci epizodycznej zakłada się ponadto, że projekcji można dokonywać nie tylko na jedną z podprzestrzeni, lecz również na dwuwymiarową przestrzeń powstałą z połączenia przestrzeni śladu formy i śladu treści. Wynika to bezpośrednio z założenia twórców modelu, że w przypadku, w którym osoby badane mają za zadanie odpowiadać „tak” wyłącznie na słowa, które prezentowano w badaniu (a odrzucać słowa podobne i nowe niepowiązane [por. część 3 niniejszego artykułu]), wpływ na odpowiedź badanego ma zarówno ślad formy, jak i ślad treści. Oznacza to więc, że prawdopodobieństwo udzielenia odpowiedzi „tak” jest w tej sytuacji równe sumie amplitud prawdopodobieństwa (czyli wartości współrzędnych wektora stanu, przypisanych do konkretnych wymiarów)  $v_x$  i  $g_x$  odpowiadających poszczególnym podprzestrzeniom (kolejno: śladu formy i śladu treści). Przykładowo, jeżeli w badaniu wykorzystującym listy słów zaprezentowano słowo „beton”, to gdy badany będzie musiał rozpoznawać je w fazie testowej, może tego dokonać zarówno przez odwołanie się do pamięci formy (na przykład tego, że pamięta, iż prezentowano słowo o takich sylabach czy też złożone z takich a nie innych liter), jak również przez odwołanie się do śladu treści (na przykład pamięci o tym, że prezentowano wcześniej słowo oznaczające substancję wykorzystywaną w budownictwie, która ma szary kolor i twardnieje) – z tego powodu oba prawdopodobieństwa mają znaczenie dla udzielenia odpowiedzi.

Model Brainerda i innych (2013) przewiduje wystąpienie efektu dystrybucyjności, wskazując na to, że do sumy prawdopodobieństwa odpowiedzi, w sytuacji odpowiadania skierowanego na formę i odpowiadania skierowanego na treść, dwukrotnie wlicza się

prawdopodobieństwo wydobywania śladu treści ( $v_x^2 + g_x^2 + g_x^2$ ). Dzieje się tak, ponieważ (jak to opisano w poprzednim akapicie) w sytuacji odpowiadania skierowanego na formę prawdopodobieństwo udzielenia odpowiedzi „tak” równe jest  $v_x^2 + g_x^2$ . Model ten nie przewiduje jednak pojawienia się efektu subaddytywności.

Z zaprezentowanego modelu wynika również kilka założeń, które okazują się sprzeczne z danymi empirycznymi. Po pierwsze, założenie, że prawdopodobieństwo udzielenia odpowiedzi „tak”, gdy badany ma reagować jedynie na takie same słowa (warunek: forma) oraz gdy ma reagować na słowa takie same i podobne (warunek: forma + treść), powinno być identyczne. Jednakże badania przeprowadzone przy wykorzystaniu procedury wspólnego rozpoznawania jednoznacznie wskazują, że założenie to jest błędne. Jest tak na przykład we wcześniejszych badaniach Brainerda i innych (1999). Ponadto z postawionych założeń wynika, iż prawdopodobieństwo udzielenia odpowiedzi „tak”, gdy badany ma reagować na takie same bodźce, powinno być zawsze wyższe niż gdy jego zadaniem jest reagowanie na bodźce podobne. Niezgodność tego założenia z danymi empirycznymi ponownie obrazują wyniki cytowanego wcześniej badania.

## 6. Zgeneralizowany kwantowy model pamięci epizodycznej

Odpowiedzią na problemy kwantowego modelu pamięci epizodycznej ma być jego rozwinięcie, czyli zgeneralizowany kwantowy model pamięci epizodycznej (Trueblood, Hemmer, 2016). Model ten korzysta nie tylko z podprzestrzeni kompatybilnych, ale również niekompatybilnych – tym samym wykorzystując w jeszcze większym stopniu możliwości płynące z kwantowej teorii prawdopodobieństwa.

W modelu zgeneralizowanym ponownie zdefiniowano podprzestrzenie śladu formy, śladu treści oraz pamięci bodźców nowych i niepowiązanych. Jednak w przypadku tego modelu podprzestrzenie te są względem siebie niekompatybilne, a tym samym nie-ortogonalne. Ponadto dla każdej z tych podprzestrzeni zdefiniowano ortogonalne wobec nich (kompatybilne) podprzestrzenie. Umożliwiają one opisanie braku cech odpowiadającej im podprzestrzeni (czyli brak pamięci cech płynących ze śladu formy, śladu treści oraz cech nowych i niepowiązanych). Odpowiadające sobie pary podprzestrzeni umożliwiające opisanie obecności i nieobecności określonych cech tworzą tak zwane bazy (ang. *basis*). Tym samym zgeneralizowany kwantowy model jest modelem dwuwymiarowym w odróżnieniu od modelu niezgeneralizowanego.

Tak jak w przypadku modelu niezgeneralizowanego, prawdopodobieństwo oblicza się poprzez rzutowanie wektora stanu na odpowiednią podprzestrzeń, przy wykorzystaniu macierzy rzutowania  $M_S$ . Zgeneralizowany model nie zakłada jednak wydobywania śladu treści w przypadku instrukcji wymagającej wydobywania śladu formy (rozpoznawanie tylko takich samych słów). Tym samym unika się tu problemów przedstawionych na końcu opisu kwantowego modelu pamięci epizodycznej.

Zgeneralizowany kwantowy model pamięci roboczej przewiduje wystąpienie efektu dystybutywności poprzez wykorzystanie cechy niekompatybilność wymiarów. Z powodu niemożności uznania jednego bodźca za taki sam i podobny prawdopodobieństwo odpowiadania „tak” równocześnie na bodźce takie same i podobne nie jest równe prawdopodobieństwu osobnych odpowiedzi „tak” tylko wtedy, gdy bodziec jest taki sam lub gdy jest podobny. Efekt subaddytywności jest natomiast możliwy i przewidywany, gdyż w przypadku zgeneralizowanego modelu kwantowego nie oczekuje się, by prawdopodobieństwo poszczególnych cech sumowało się do 1, zaś prawdopodobieństwa rozpoznania cech nowych i niepowiązanych nie oblicza się na podstawie prawdopodobieństwa pozostałych dwóch rodzajów cech (jak miało to miejsce w modelu Brainerda i innych [2015]), lecz szacuje się osobno.

## **7. Podsumowanie**

Zaprezentowane w niniejszym artykule metody badawcze przedstawiają różne podejścia do badania procesów pamięciowych, ujętych w aparat pojęciowy teorii rozmytego śladu. Celowo pominięto wątki matematyczne, gdyż przedstawienie ich (dla wszystkich opisanych metod) stanowi materiał na kilka osobnych publikacji. Różne metody cechują się nie tylko specyficznymi procedurami badawczymi, lecz także odpowiednio różnymi metodami analizy danych. Ich przegląd pozwala również zapoznać się z rozwojem metod, prowadzącym od modeli nieskomplikowanych ku bardziej złożonym, oraz dostrzec starania naukowców rozwijających je w celu uzyskania metodologii zarówno skutecznej, jak i ekonomicznej – przystępnej zarówno dla badaczy, jak i osób badanych.

Paradygmat DRM, w odróżnieniu od pozostałych opisanych w artykule metod, korzysta jedynie z materiału badawczego oraz schematu procedury eksperymentalnej, nie dostarczając badaczowi gotowego modelu analizy. Pozostałe omawiane metody jako stworzone z myślą o badaniu pamięci w ujęciu teorii rozmytego śladu, zapewniają także ten ostatni aspekt, nieobecny w DRM. Widać tu wyraźnie, iż badania nad omawianą teorią rozpoczęte zostały w metodologii opartej o hipotezę ad hoc. Jednak, jak zaprezentowano w niniejszym artykule, dalszy namysł nad metodami oparty był o modele od samego początku oparte o teorię rozmytego śladu. Oznacza to z jednej strony, iż dane płynące z badań przy użyciu DRM mogą być analizowane na różny sposób – w tym przy wykorzystaniu modeli wielomianowych, np. Stahla i Klauera (2009). Z drugiej zaś, iż wyniki otrzymywane w pozostałych metodach wydają się być bardziej wiarygodne (silniejsze metodologicznie), gdyż aparatura matematyczna i eksperymentalna tych modeli jest z założenia przygotowana do badania pamięci w ujęciu tej właśnie teorii.

Zaobserwować można również, bardzo interesujący z punktu widzenia tak metodologicznego jak i teoretycznego, rozwój na płaszczyźnie założeń matematyczno-logicznych, stojących u podstaw tak modeli badawczych, jak i samej teorii pamięci. Przejście od logiki klasycznej do logiki kwantowej (por. Trueblood, Hemmer, 2016) ma doniosłe znaczenie. Badacze wykazali, iż modele oparte o nieklasyczne teorie prawdopodobieństwa w lepszy

sposób opisują i przewidują procesy pamięciowe zachodzące w ludzkim umyśle. Przedstawienie stanu pamięci jako superpozycji różnych aspektów śladów pamięciowych wydaje się obiecujące metodologicznie i dobrze dopasowane do teorii opisujących funkcjonowanie pamięci.

Kończąc refleksję nad metodami opisanymi w niniejszym artykule, warto też zwrócić uwagę na to, jak istotne znaczenie dla całego zagadnienia metod badania i analizy danych w badaniach nad pamięcią rozmytego śladu odgrywają modele wielomianowe. Ze wszystkich pięciu metod opisanych w artykule jedynie paradygmat DRM nie dostarcza bezpośrednio modelu wielomianowego służącego do analizy danych z niego płynących. Wykorzystanie modeli wielomianowych umożliwia dotarcie do danych niedostępnych w inny sposób. Nie dziwi więc, że zostały one szybko włączone w refleksję metodologiczną badaczy stosujących omawianą teorię. Elastyczność modeli wielomianowych oraz bogactwo wiedzy, jaką dostarczają, otwiera nowe możliwości przed badaczami, którzy skłonni są nauczyć się ich wykorzystywania.

Głównym celem niniejszego artykułu jest zapoznanie polskiego czytelnika z różnorodnymi metodami teorii rozmytego śladu oraz skłonienie go do samodzielnego pogłębienia wiedzy o nich. Próbowano również zwrócić uwagę polskich naukowców na tę interesującą – tak teoretycznie, jak i metodologicznie – koncepcję. Być może publikacja polskojęzyczna dotrze do szerszego grona odbiorców, w tym młodych naukowców i studentów, rozpowszechniając wiedzę o teorii rozmytego śladu, wzbudzając dyskusje, ale też prowadząc do zastosowania jej metod w nowych pracach empirycznych.

## Bibliografia

- Biesecker, B., Austin, J., Caleshu, C. (2017). Theories for psychotherapeutic genetic counseling: Fuzzy trace theory and cognitive behavior theory. *Journal of genetic counseling*, 26(2), 322–330. <https://doi.org/10.1007/s10897-016-0023-1>
- Bouwmeester, S., Vermunt, J. K., Sijtsma, K. (2007). Development and individual differences in transitive reasoning: A fuzzy trace theory approach. *Developmental Review*, 27(1), 41–74.
- Brainerd, C. J., Reyna, V. F. (1990a). Gist is the grist: Fuzzy-trace theory and the new intuitionism. *Developmental Review*, 10(1), s. 3–47. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(90\)90003-M](https://doi.org/10.1016/0273-2297(90)90003-M)
- Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (1990b). Inclusion illusions: Fuzzy-trace theory and perceptual salience effects in cognitive development. *Developmental Review*, 10(4), s. 365–403. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(90\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0273-2297(90)90020-5)
- Brainerd C. J., Reyna V. F., Mojardin, A. H. (1999). Conjoint recognition. *Psychological Review*, 106, 160–179. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.1.160>
- Brainerd, C. J., Reyna, V. F., Zember, E. (2011). Theoretical and forensic implications of developmental studies of the DRM illusion. *Memory & Cognition*, 39, 365–380. <https://doi.org/10.3758/s13421-010-0043-2>



- Brainerd, C. J., Reyna, V. F., Wright, R., & Mojardin, A. H. (2003). Recollection rejection: False-memory editing in children and adults. *Psychological Review*, 110, s. 762–784. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.110.4.762>
- Brainerd, C. J., Wang, Z., Reyna, V. F., Nakamura, K. (2015). Episodic memory does not add up: Verbatim-gist superposition predicts violations of the additive law of probability. *Journal of Memory and Language*, 84, 224–245. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.06.006>
- Brainerd, C. J., Wright, R., Reyna, V. F., Mojardin, A. H. (2001). Conjoint recognition and phantom recollection. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(2), 307–327. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.27.2.307>
- Ceci, S. J., & Bruck, M. (1998). The ontogeny and durability of true and false memories: A fuzzy trace account. *Journal of Experimental Child Psychology*, 71(2), 165–169.
- Chick, C. F., Reyna, V. F. (2012). A fuzzy-trace theory of adolescent risk-taking: Beyond self-control and sensation seeking. *The adolescent brain: Learning, reasoning, and decision making*, 379–428.
- Collins, A. M., Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological review*, 82(6), 407–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>
- Corbin, J. C., Reyna, V. F., Weldon, R. B., Brainerd, C. J. (2015). How reasoning, judgment, and decision making are colored by gist-based intuition: A fuzzy-trace theory approach. *Journal of applied research in memory and cognition*, 4(4), 344–355. <https://doi.org/10.1016/j.jar-mac.2015.09.001>
- Nieznański, M. (2015). *Pamięć informacji kontekstowej*. Warszawa, Polska: Wydawnictwo Naukowe UKSW.
- Obidziński, M. (2016a). Teoria rozmytego śladu. Prezentacja modelu i możliwych jego zastosowań w odniesieniu do problematyki wychowania. *Fides et Ratio*, 1(25), 49–61.
- Obidziński, M. (2016b). Modele wielomianowych drzewek przetwarzania w badaniach nad pamięcią. W: P. Szczepańczyk, M. Rajewska (red.), *Badania młodych naukowców* (t. 4, s. 181–196). Siedlce, Polska: Wydawnictwo Unitas.
- Obidziński, M. (2017). Nadużywanie alkoholu i inne zachowania ryzykowne młodzieży w ujęciu teorii rozmytego śladu. *Fides et Ratio*, 3(21), 80–96.
- Obidziński, M. (2018). Co badania prowadzone w metodologii teorii rozmytego śladu mogą powiedzieć nam o normatywności? Komentarz do artykułu “Explaining Contradictory Relations Between Risk Perception and Risk Taking”. *Avant*, 8(3), 109–117. <https://doi.org/10.26913/80302017.0112.0006>
- Obidziński, M., Nieznański, M. (2017). False memory for orthographically versus semantically similar words in adolescents with dyslexia: a fuzzy-trace theory perspective. *Annals of dyslexia*, 67(3), 318–332. <https://doi.org/10.1007/s11881-017-0146-6>
- Polak, M., Dukała, K., Szpitalak, M., Polczyk, R. (2016). Toward a non-memory misinformation effect: Accessing the original source does not prevent yielding to misinformation. *Current Psychology*, 35(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12144-015-9352-8>

- Polczyk, R. (2017). The “memory” misinformation effect may not be caused by memory failures: Exploring memory states of misinformed subjects. *Polish Psychological Bulletin*, 48(3), 388–400. <https://doi.org/10.1515/ppb-2017-0045>
- Rédei, M., & Summers, S. J. (2007). Quantum probability theory. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 38(2), 390–417. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2006.05.006>
- Riefer, D. M., Batchelder, W. H. (1988). Multinomial modeling and the measurement of cognitive processes. *Psychological Review*, 95(3), 318–339.
- Roediger, H. L., McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of experimental psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 803–814.
- Roediger, H., Watson, J., McDermott, K., Gallo, D. (2001). Factors that determine false recall: A multiple regression analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(3), 385–407. <https://doi.org/10.3758/BF03196177>
- Reyna, V. F., Helm, R. K., Weldon, R. B., Shah, P. D., Turpin, A. G., Govindgari, S. (2018). Brain activation covaries with reported criminal behaviors when making risky choices: A fuzzy-trace theory approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(7), 1094. <https://doi.org/10.1037/xge0000434>
- Stahl, C., Klauer, K. C. (2008). A simplified conjoint recognition paradigm for the measure of gist and verbatim memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 34, 570–586. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.3.570>
- Stahl, C., Klauer, K. C. (2009). Measuring phantom recollection in the simplified conjointre cognition paradigm. *Journal of Memory and Language*, 60, 180–193. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2008.08.001>
- Trueblood, J. S., Hemmer, P. (2016). The Generalized Quantum Episodic Memory Model. *Cognitive Science*, published online. <https://doi.org/10.1111/cogs.12460>
- Tulving, E., Watkins, M. J. (1975). Structure of memory traces. *Psychological Review*, 82(4), 261–275.
- Tversky, A., Koehler, D. J. (1994). Support theory: A nonextensional representation of subjective probability. *Psychological review*, 101(4), 547–567.
- Watson, J., Balota, D., Roediger, H. (2003). Creating false memories with hybrid lists of semantic and phonological associates: Over-additive false memories produced by converging associative networks. *Journal of Memory and Language*, 49, 95–118. [https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(03\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00019-6)
- Watson, J. M., Balota, D. A., Sergent-Marshall, S. D. (2001). Semantic, phonological, and hybrid veridical and false memories in healthy older adults and in individuals with dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychology*, 15(2), 254–267. <https://doi.org/10.1037//0894-4105.15.2.254>
- Weekes, B. S., Hamilton, S., Oakhill, J., Holliday, R. E. (2008). False recollection in children with reading comprehension difficulties. *Cognition*, 106, 222–233. <https://doi.org/10.1111/cogs.12460>

- Westbury, C., Buchanan, L., Brown, N. R. (2002). Sounds of the neighborhood: False memories and the structure of the phonological lexicon. *Journal of Memory and Language*, 46(3), 622–651. <https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2821>
- Wolfe, C. R. (1995). Information seeking on Bayesian conditional probability problems: A fuzzy-trace theory account. *Journal of Behavioral Decision Making*, 8(2), 85–108. <https://doi.org/10.1002/bdm.3960080203>

## Memory Experiment Methods in Fuzzy-Trace Theory Approach

### Abstract

This paper presents the most popular memory experiments methods used in studies in the fuzzy-trace theory approach. After a brief discussion of the theory itself, each method is described in detail (its procedure, methods of analysing results, as well as both its advantages and limitations). Methods are presented in chronological order of their appearance in research practice. The presented methods are: the DRM paradigm, the conjoint recognition model, the simplified conjoint recognition model, the quantum episodic memory model and its generalized version.

**Keywords:** psychology; memory; fuzzy-trace theory; methodology; multinomial models.