



SUBIEKTYWNE BADANIE PAMIĘCI

Waldemar Wietrzykowski

Instytut Inteligencji Stosowanej, 19 lipca 2020

Streszczenie niniejsza praca przedstawia eksperyment subiektywnego badania pamięci oraz matematyczny model utworzony na podstawie wyników uzyskanych z tego eksperymentu. Podstawą tego eksperymentu jest to, że osoba badana występująca w roli wstępnego eksperta przekazuje informacje o swoim stanie wewnętrznych dotyczącym swojej pamięci w momencie styku trzech stanów: przebudzenia, wyciszania i ponownego zasypiania. Wyniki badań zostały użyte do stworzenia modelu gramatyki regularnej w oparciu o klasyczny rachunek sekwencyjny i pokazano, jak tą gramatykę może uogólnić do gramatyk mniej ograniczonych dzięki obecności pamięci krótkotrwałej i średniotrwałej.

Podstawy naukowe

Badanie pamięci, podobnie jak słuchu, dzieli się na badanie obiektywne i subiektywne. Do badań obiektywnych pamięci krótkotrwałej zaliczamy chronometrię mentalną. Badania subiektywne pamięci krótkotrwałej i długotrwałej wymagają aktywnej współpracy osoby badanej, która przekazuje świadomą informację zwrotną o stanie wewnętrznym swojego umysłu dotyczącym pamięci.

W Instytucie Inteligencji Stosowanej wysunięto założenie, że subiektywne badanie pamięci krótkotrwałej nie może być oderwane od równoczesnego badania pamięci długotrwałej. Pamięć długotrwała, będąca pamięcią deklaratywną (jawną), w eksperymencie subiektywnego badania pamięci rozumiana jest jako pamięć zlokalizowana w filogenetycznie młodszej korze mózgowej. Często zaliczamy też do niej pamięć średniotrwałą, będącą również pamięcią deklaratywną (jawną), która zlokalizowana jest w filogenetycznie starszych strukturach kory skroniowej, na przykład kompleks hipokampa. Pamięć krótkotrwała w eksperymencie subiektywnego badania pamięci rozumiana jest jako pamięć zlokalizowana w filogenetycznie młodszych strukturach kory mózgowej, między innymi w grzbietowo-bocznej części kory przedczołowej.

Do przetwarzania zawartości pamięci krótkotrwałej służy okno uwagowe. Przeznaczone jest ono do wyboru elementu z ciągu elementów zapamiętanych w pamięci krótkotrwałej w celu przetwarzania elementów zgodnie z zamierzonym zadaniem. Procedura przetwarzania przechowywana jest w pamięci proceduralnej, będąca pamięcią niedeklaratywną (niejawną).

Okno uwagowe posiada możliwość skupienia, w danej chwili, uwagi w określonym punkcie pamięci krótkotrwałej, w postaci pojedynczego obiektu, w celu przygotowania kolejno wybranych elementów do przetwarzania. Okno uwagowe jest substytutem świadomości i fizjologicznie uzyskiwane jest przez synchronizację fazową fal gamma (około 40 Hz), które przebiegają cały obszar kory mózgowej. Czas trwania okna uwagowego wynosi ok. 12,5 ms (Rodolfo Llinas 1992)¹. Czas jego powtarzania wynosi od 0 do 12,5 ms. W stanie spoczynku okno uwagowe powtarza się co 12,5 ms (koherentne oscylacje 40 Hz), tworząc spójny rytm gamma ok. 25 ms. Ten spójny rytm gamma może

¹ Rodolfo Llinas, "Coherent 40-Hz oscillation characterizes dream state in humans", Department of Physiology and Biophysics, New York University Medical Center, New York, 1993

być resetowany przez bodźce czuciowe, powodując szybszą powtarzalność okna uwagowego od 0 do 12,5 ms.

Pamięć proceduralna zlokalizowana jest w strukturach podkorowych mózgu. Znajdują się w niej również podświadome procedury obsługi pamięci krótkotrwałej. Czas wykonania pojedynczej procedury jest nie mniejszy niż 12,5 ms. Realizacja procedury składa się z dwóch etapów: przygotowania i wykonania. W etapie przygotowania okno uwagowe wybiera w sposób sekwencyjny elementy z listy elementów zapamiętanych w pamięci krótkotrwałej. Czas wyboru jednego elementu wynosi ok. 12,5 ms (przedział czasu reprezentujący kwant świadomości). O tym, jakie są wybrane elementy, decyduje procedura pamięci proceduralnej określona zadaniem. Wybrane elementy są podstawiane w miejscach argumentów tej procedury. Czas etapu przygotowania nie może być mniejszy od ilości skupień okna uwagowego przemnożona przez 12,5 ms. Po wybraniu elementów wykonywana jest procedura. Najkrótszy czas wykonania wynosi 12,5 ms.

Dla szybkiego skanowania pamięci krótkotrwałej (paradygmat Sternberga z 1966 roku)² jeden krok skanowania jest sumą dwóch, następujących po sobie, skupień uwagowych oraz wykonania procedury. Jest to skupienie na następnym elemencie na liście zapamiętanych elementów oraz skupienie na bodźcu testowych. Rozmiar czasowy wynosi: $12,5 + 12,5 = 25$ ms. Czas wykonania procedury porównania wynosi 12,5 ms. Łączny czas jest równy $3 \times 12,5 \text{ ms} = 37,5$ ms. Z eksperymentu Sternberga wynika, że czas skanowania jednego elementu wynosi 37,9 ms, a więc jest porównywalny.

W subiektywnym badaniu pamięci przyjęto, że okres snu głębokiego jest wykorzystany do regeneracji mózgu, a w okresie marzeń sennych następuje uporządkowywanie zapisów w pamięci długotrwałej. Założono, że tylko wysoka aktywność bioelektryczna, jak w przypadku marzeń sennych, jest wystarczająca do przeprowadzenia takiego procesu. Pamięć krótkotrwała podczas marzeń sennych znajduje się w innym procesie niż na jawie. W tym pierwszym stanie zawartość jej jest spójna z ciągle napływającą informacją z pamięci długotrwałej. Brak spójności przerywa aktualną sesję marzeń sennych. Na jawie zawartość pamięci krótkotrwałej jest niespójna, wypełniona również informacjami odtwórczymi pochodzącymi z pamięci długotrwałej. Niespójność jest spowodowana niespójnością bodźców zewnętrznych oraz niespójnością informacji odtwórczych z pamięci długotrwałej. Należy zaznaczyć, że bodźce zewnętrzne są ustawicznie uzupełniane informacjami z pamięci długotrwałej. Ponadto, podczas marzeń sennych, pamięć krótkotrwała jest aktywna a pamięć średnioterminowa jest odłączona i dlatego nie pamiętamy treści swoich snów. Jednakże gwałtowne przebudzenie się włącza pamięć średnioterminową, w której może być zapamiętana zawartość pamięci krótkotrwałej (czas jej zaniku wynosi około 20 s). Zapamiętać możemy ostatnie chwile snu.

Podczas porządkowania zapisów w pamięci długotrwałej w czasie snu napotymane są nieciągłości (tak zwane punkty charakterystyczne lub wątki twórcze) w postaci:

- rozwiązań cząstkowych lub rozwiązań zasadniczych,
- problemów cząstkowych lub problemów zasadniczych,
- przeczuć, obaw, itd.

Z chwilą napotkania takich nieciągłości może nastąpić przebudzenie, a istniejąca nieciągłość w pamięci krótkotrwałej jest dostępna i może być zapamiętana w uaktywnionej po przebudzeniu pamięci średnioterminowej. Wtedy trudno jest zasnąć ponownie, ciągle rozpamiętujemy ostatnią zawartość pamięci krótkotrwałej, ale jeżeli zaśniemy, może wystąpić kolejne przebudzenie związane z napotkaniem kolejnych nieciągłości.

² Saul Sternberg, *Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments*, American Scientist, 1969

Powtarzający się cykl przebudzeń i zaśnięć wywołuje ślad w pamięci średniotrwalej w postaci ciągu zapisów kolejnych nieciągłości, z którymi musimy się uporać. Po ostatecznym rannym przebudzeniu się, możemy przystąpić do kompletowania tych nieciągłości o dodatkowe informacje, w celu likwidacji znalezionych przez mózg nieciągłości. Samo porządkowanie pamięci powoduje, że po przebudzeniu nasza wiedza, wczoraj nabyta, staje się bardziej jasna i czytelna, a wynikające z jej nieciągłości (rozwiązania czy nowe problemy) ujawnione.

Eksperyment

W dniu 11 czerwca 2020 roku w Instytucie Inteligencji Stosowanej przeprowadzono eksperyment, który nazwano subiektywnym badaniem pamięci w zakresie pamięci krótkotrwałej i długotrwałej. Do eksperymentu wybrano osobę, która posiada:

- wiedzę psychologiczną (aby kontakt z nią był merytoryczny); osoba badana występuje w roli wstępnego eksperta,
- jest specjalistą w pewnej dziedzinie,
- posiada doskonałą zdolność pracy twórczej w formie pisanej.
- posiada umiejętność koncentrowania się na stanie swojego umysłu,
- ma opanowaną technikę wewnętrznego wyciszania umysłu,
- jest zdrowa,
- nie ma nadwagi ani niedowagi,
- nie ma żadnych kłopotów finansowych,
- posiada poukładane życie rodzinne,
- nie ma żadnych kompleksów,
- jest to osoba zadowolona z życia.

Nie spełnienie czterech ostatnich warunków wpływa ujemnie na sprawność kory mózgowej oraz nie pozwala na swobodną koncentrację umysłu w czasie eksperymentu.

Z przedstawionych powyżej cech osoby badanej wynika, że eksperyment subiektywnego badania pamięci różni się od wszystkich innych eksperymentów do tej pory przeprowadzonych. Jako osoby badane wybierano w innych eksperymentach osoby typowe, zarówno młode lub stare, jak i zdrowe lub chore.

Ponieważ osobie badanej postawiono bardzo wysokie wymagania zakres poszukiwania był bardzo ograniczony. Na osobę badaną wybrano mężczyznę w starszym wieku, posiadającą wyższe wykształcenie. Wybór wieku jest celowy, aby zapewnić dostateczny rozwój umysłowy kory mózgowej i odpowiedni zasób doświadczenia w pracy umysłowej w formie pisanej.

Przygotowanie do eksperymentu

Celem przygotowania do eksperymentu jest wyczyszczenie organizmu od wszelkich niepożądanych wewnętrznych złogów i obniżenie poziomu cholesterolu wpływającego ujemnie na pracę umysłową, a także nieznaczne obniżenie wagi ciała. Czas przygotowania wynosi 7 dni. Przygotowanie polega na:

- poleceniu osobie badanej, aby pobierała w ciągu doby bardzo skromne i częste posiłki jarskie (mniej więcej co kilka godzin), ale takie, aby nie czuła się syta, a przed kolejnym posiłkiem miała odczucie głodu,
- osoba badana musi pić jedną szklankę wody, co kilka godzin, w sumie 2 do 2,5 l wody na dobę,

- osoba badana musi spać 8 godzin dziennie, najlepiej od godz. 22.00 do 6.00, co wpływa pozytywnie na sprawność umysłu.
- osoba badana musi intensywnie pracować umysłowo, najlepiej tworząc pracę pisemną w swojej dziedzinie, dążąc do rozwiązania postawionego przez sobą problemu; celem jest trening umysłu i pobudzenia kory mózgowej do sprawnego myślenia.

Warunkiem eksperymentu jest posiadanie przez badanego emocjonalnego stosunku do osiągnięcia celu swojej pracy, w postaci własnej satysfakcji, zadowolenia i silnej motywacji w dążeniu do celu.

Procedura zastosowana w eksperymencie

Procedura eksperymentu polega na:

- poleceniu osobie badanej, aby w dniu eksperymentu, od rana do wieczora np. od godz. 6.00 do godziny 23.00 nieustannie pracowała umysłowo w formie pisemnej przy rozwiązywaniu problemu w swojej dziedzinie; może korzystać z poprzednich swoich opracowań i informacji oraz opracowań znalezionych w internecie,
- pójść spać o godzinie 23.00,
- po nocnym przebudzeniu osoba badana zapamiętuje zawartość pamięci krótkotrwałej w pamięci długotrwałej; w tym celu powtarza w pamięci myśl, z którą się obudziła; dla sprawdzenia jej zapamiętania przywołuje ją po pewnym czasie,
- próbuje powtórnie zasnąć wyciszając uprzednio umysł; pojawiające się myśli przerywa nie pozwalając na rozwinięcie całego słowa,
- po wyciszeniu umysłu znowu zasypia,
- po całkowitym, rannym przebudzeniu przypomina i aktualizuje opracowane i pamiętanie wątki z twórczej nocnej pracy kory mózgowej. Jeżeli nie zostają one zapisane ulegają zatarciu.

Warunkiem przystąpienia do eksperymentu jest nierozwiązanie problemu przed pójściem spać, a warunkiem udanego eksperymentu jest obudzenie się w nocy z powodu natłoku myśli związanych z nierozwiązanym problemem w ciągu dnia. Jest to typowe dla ludzi pozostających z palącymi problemami lub kłopotami, z którymi w ciągu dnia się nie uporał. Moment nocnego obudzenia jest zasadniczą fazą eksperymentu kompleksowego badania pamięci. W ciągu nocy mogą pojawiać się ponowne przebudzenia. Wówczas osoba badana ponownie wykonuje trzy ostatnie zadania wskazanej wyżej procedury. Przy wielokrotnych przebudzeniach w pamięci długotrwałej zostają zapamiętanie kolejne ostatnie myśli pozostałe po przebudzeniu.

Wyniki badania

W eksperymencie subiektywnego badania pamięci osoba badana przekazuje świadomą informację zwrotną o stanie wewnętrznym swojego umysłu dotyczącym pamięci. Osoba ta występująca w roli eksperta wstępnego, podała informacje, że w pamięci krótkotrwałej występują krótkie wielowątkowe nagrania wizualne szkiców zdarzeń (wątki odtwórcze), na tyle schematyczne, aby mogły wystarczać jeszcze na ich identyfikację, rozpoznanie i rozumienie. Oprócz wizualnych szkiców zdarzeń występują też krótkie wielowątkowe nagrania leksykalne o postaci zdań prostych. Minimalny rozmiar nagrania w wątku jest tożsamy ze szkicem pojedynczej sceny zdarzenia lub słowem. Utrzymywanie w pamięci wielu wątków nagrań pozwala na swobodne wielowątkowe przetwarzanie informacji. Wątki są grupowane: tematycznie, syntaktycznie i semantycznie. Mogą też być związane z kontekstem informa-

cji zawartej już w pamięci długotrwałej. Wątki mogą być łączone w ciągłym zapisie (wyuczony wiersz, piosenka bądź przemówienie).

Wątki nagrań sprowadzane są z pamięci długotrwałej do pamięci krótkotrwałej w sposób nieświadomy albo świadomy przy użyciu naszej woli, w dowolnej kolejności, albo w kolejności uporządkowanej, np. w postaci większego tekstu. W tym ostatnim przypadku w pamięci krótkotrwałej są utrzymywane ostatnie słowa oraz sens poprzednich zdań. Celem sprowadzania nagrań do pamięci krótkotrwałej jest poprawa lub znalezienie innej, lepszej postaci, bardziej prawidłowo odzwierciedlającej cel i przeznaczenie. Ponowne przenoszenie tych nagrań do pamięci długotrwałej przygotowuje pamięć krótkotrwałą do przyjęcia innego wątku. Wskazać należy, że jeżeli wątki zapisu są dostatecznie krótkie, to w określonym momencie w pamięci krótkotrwałej może być zapamiętanych kilka wątków. Z wątków tych mogą być kreowane nowe wątki lub zanikać zastępowane innymi wątkami.

Oprócz krótkich wątków nagrań w pamięci krótkotrwałej mogą występować dłuższe ciągi, spójne z napływającymi nowymi nagraniami z pamięci długotrwałej. Powoduje to ciągle przewijanie się treści przez pamięć krótkotrwałą (marzenia na jawie). Podczas marzeń sennych natomiast pamięć średniotrwałą jest odłączona od pamięci krótkotrwałej (nie pamiętamy pełnej treści snu). Po nagłym przebudzeniu się w pamięci krótkotrwałej pozostaje kilka wątków zapisu ze snu, które możemy zapamiętać.

Na jawie bodźce wizualne docierają z otaczającej rzeczywistości. Wątki odtwórcze są pozbawione pełnych wrażeń wizualnych przybierając tylko ich zarysy. Są na tyle schematyczne, że wystarczają na ich identyfikację i rozpoznanie, za to posiadają nieduży rozmiar w pamięci krótkotrwałej. Pełnią rolę bardziej adresów lub kontekstu do istotnej zawartości pamięci długotrwałej.

Wydaje się, że okres trwania wątku w pamięci krótkotrwałej lub średniotrwałej wynosi do momentu wykonania zaplanowanego zadania związanego z wątkami. Czas trwania wątku w pamięci krótkotrwałej może być przedłużany poprzez ciągle powtarzanie.

Cecha małej pojemności pamięci krótkotrwałej posiada bardzo duże znaczenie. Po pierwsze, pozwala na szybką wymianę zawartości pamięci krótkotrwałej z pamięcią średniotrwałą i to w trakcie pełnego odbioru informacji z otoczenia. Po drugie, umożliwia tworzenie języka komunikacji w postaci ciągu zdań prostych, które mogą być zapisane w pamięci średniotrwałej lub przenoszone do pamięci krótkotrwałej i rozumiane. Po trzecie umożliwia tworzenie kolejnych poziomów struktur frazowych w pamięci krótkotrwałej, które następnie mogą być zapamiętywane w pamięci średniotrwałej.

Czas przesłania wątku nagrania z pamięci długotrwałej do krótkotrwałej można oszacować jako równy czasowi szybkiego skanowania pamięci (paradygmat Sternberga z 1966 roku)³ to jest od 38 ms dla pojedynczego wątku do $38 * 7 = 266$ ms dla 7 wątków. Istotną rolę w przetwarzaniu wątków spełnia okno uwagowe. Selektywnie wybiera ono wątki, skupiając się tylko na jednym istotnym wątku (elemente lub obiekcie). Jeżeli w pamięci krótkotrwałej zapamiętany jest ciąg elementów, to każdy element z tego ciągu musi wcześniej przejść przez okno uwagowe. Obiekt, który nie przejdzie przez okno uwagowe, nie może się znaleźć w pamięci krótkotrwałej, a tym samym w świadomości. Wymiar czasowy okna uwagowego wynosi 12,5 ms.

Różnica między chronometrią mentalną a subiektywnym badaniem pamięci

Chronometria mentalna to badanie czasu reakcji RT (ang. reaction time) na bodziec testowy. Stosowana jest do obiektywnego badania pamięci krótkotrwałej, bez wnikania w subiektywne, mentalne odczucia osoby badanej. Badana jest szybkość motorycznej reakcji badanego na zadany bodziec. Przy chronometrii mentalnej osobą badaną może być każda osoba. Na podstawie uzyskanych wyników

³ Saul Sternberg, *Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments*, American Scientist, 1969

pomiaru opracowuje się później teorii działania pamięci krótkotrwałej, stąd dodawany jest termin - paradygmat. Jest to podejście behawioralne. Badania polegają na pomiarze czasu jaki upłynął od początku bodźca testowego aż do reakcji motorycznej na ten bodziec. Typowym przykładem tych badań jest klasyczny paradygmat Sternberga z 1966 roku dowodzący o szybkim i wyczerpującym skanowaniu pamięci krótkotrwałej wynoszącym 38 ms / element. Inne badania oparte na chronometrii mentalnej dowodziły, że przy zmianie warunków zadania można uzyskać wolne i samokończące się skanowanie pamięci wynoszące 124 ms / element.

Ogólnie, w zależności od warunków zadania można uzyskać albo szybkie i samokończące się skanowanie pamięci, albo szybkie i wyczerpujące skanowanie pamięci, bądź też wolne i samokończące się skanowanie pamięci, czy też skanowanie z jednym i wieloma bodźcami testowymi, a także skanowanie szeregowo i równoległe (przestrzenne lub wizualne). Na podstawie uzyskanych wyników powstało szereg teorii skanowania oraz modeli strukturalnych pamięci krótkotrwałej czy roboczej.

Powyższe badania dotyczyły pamięci krótkotrwałej, w której wcześniej zapamiętano listę elementów o ilości od 1 do 6 elementów. Czas reakcji na bodziec testowy, według Sternberga, jest sumą trzech składników: czasu trwania procesu kodowania (ok. 200 ms), czasu skanowania pamięci (dla szybkiego i wyczerpującego skanowania pamięci zależny od długości listy zapamiętanych elementów w pamięci, a dla wolnego i samokończącego się skanowania zależny od położenia na liście pierwszego elementu listy zgodnego z bodźcem testowym) i czasu odpowiedzi motorycznej na bodziec (ok. 200 ms). Suma czasów kodowania i odpowiedzi motorycznej (ok. 397 ms) jest stała i niezależna od długości sekwencji elementów lub położenia pierwszego elementu na liście zgodnego z bodźcem testowym. Wyniki badań dotyczących skanowania pamięci krótkotrwałej przyczyniły się do opracowania teorii i modeli strukturalnych tej pamięci.

Subiektywne badanie pamięci jest uzupełnieniem chronometrii mentalnej i uwzględnia świadome odczucia osoby badanej przy przesyłaniu treści informacji z pamięci długotrwałej do pamięci krótkotrwałej i odwrotnie.

Dyskusja

W porównaniu do dotychczasowych badań pamięci krótkotrwałej, gdzie zadawano proste pytania typu, czy na liście zapamiętanych w pamięci krótkotrwałej elementów znajduje się element testowy (paradygmat szybkiego skanowania pamięci Sternberga z 1966 roku)⁴ czy też, jaki element znajduje się przed lub po elemencie równym elementowi testowemu (paradygmat wolnego skanowania pamięci Sternberga z 1968, 1969 roku lub kontekstowe przeszukiwanie pamięci), odpowiedzi na te pytania są bardzo proste. W przypadku pierwszego pytania odpowiadamy "tak" lub "nie". W przypadku drugiego pytania w odpowiedzi podajemy słowną nazwę wyszukanego elementu (nazwa cyfry), przy czym czas reakcji liczony jest od momentu przedstawienia elementu testowego do początku wypowiedzi osoby badanej. Wynikiem tych zapytań jest średni czas skanowania pamięci przypadający na jeden element zapamiętanej listy elementów. Długość zapamiętanej listy elementów w przypadku pierwszego zapytania wynosi od 1 do 6 oraz w przypadku drugiego zapytania od 3 do 7. Dla pierwszego zapytania wynikiem jest czas przeszukania równy 38 ms / element i oznacza szybkie i wyczerpujące skanowanie. Dla drugiego zapytania wynikiem jest czas przeszukiwania równy 124 ms / element oznaczający wolne i samokończące się skanowanie (dla wolnego przeszukiwania mamy samokończące się skanowanie).

W odróżnieniu od badań RT, które powtarzano i modyfikowano wiele razy przez różnych badaczy, w paradygmacie subiektywnego badania pamięci stosuje się zaawansowane zapytania, do których odpowiedzi wymagana jest odpowiednia wiedza osoby badanej, występująca w roli wstępnego eksper-

⁴ Saul Sternberg, *Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments*, American Scientist, 1969

ta. Pytanie jest sformułowane w ten sposób, że osobie badanej poleca się, aby złożyła relację z obserwacji swojego umysłu podczas cyklicznego powtarzania procedury zastosowanej w eksperymencie.

Wydaje się, że wyniki uzyskiwane w tym eksperymencie są subiektywne, zależne tylko od osoby badanej, to jednak uchwycenie jedynie momentu przebudzenia nadaje cech obiektywizmu, tym bardziej, że przebudzenie, wyciszenie i zaśnięcie jest czynnością fizjologiczną, taką samą dla każdego człowieka. Eksperyment przebiega na granicy przebudzenia, wyciszenia i ponownego zaśnięcia. Jedynym zadaniem osoby badanej jest zapamiętanie w pamięci długotrwałej, co pojawiło się u niej w pamięci krótkotrwałej zaraz po przebudzeniu. Charakter tych odczuć był rozpoznawany w momencie wyciszania umysłu, czyli w momencie ustawiania napływu myśli do pamięci krótkotrwałej. Należy podkreślić, że nie chodzi tu o treść myśli, lecz o ich charakter, mający istotne znaczenie w poznaniu pamięci krótkotrwałej i długotrwałej.

Uzyskiwany podczas eksperymentu stan umysłu jest najbardziej efektywny w procesach myślenia. Nie jest bowiem zakłócany odbiorem bodźców zewnętrznych i ich analizą ani tokiem własnych myśli podczas pracy umysłowej.

Matematyczne modelowanie wyników subiektywnego badania pamięci

Do tego celu użyto modelu indukcji gramatyki regularnej lub liniowej (gramatyka skończenie stanowa Chomskiego)⁵, zrealizowanej przy użyciu automatu skończonego lub samouczącej się wielościeżkowej jednokierunkowej maszyny Turinga. Modelem matematycznym procesu indukcji tej ograniczonej, według klasyfikacji Chomskiego gramatyki, oznaczonej jako typ 4, jest klasyczny rachunek sekwentowy opracowany do matematycznego opisu procesu uczenia się samouczącej się wielościeżkowej jednokierunkowej maszyny Turinga⁶. Indukcja gramatyki oznacza automatyczne uczenie gramatyki określonego języka⁷. Wątek nagrania, jaki występuje w eksperymencie subiektywnego badania pamięci, jest modelowany ortogonalnym ciągiem sekwentowym.

Należy rozważyć następujące rodzaje konsolidacji⁸ przy tworzeniu ciągu ortogonalnego: konsolidacja lewostronna, konsolidacja prawostronna lub konsolidacja obustronna. W każdym elemencie tego ciągu, jakim jest sekwent, jego lewa strona (predykat) oznacza takie połączenie sekwentów w jeden sekwent, gdzie prawostronne elementy leżą w tym samym segmencie kory mózgowej (poziomie czy stanie). Konsolidacja prawostronna ciągu sekwentów oznacza takie połączenie sekwentów w jeden sekwent, gdzie predykaty wskazują wspólne elementy.

Ta bardzo ograniczona gramatyka - skończenie stanowa dzięki istnieniu pamięci średniotrwałej (pamięć przestrzenna w kompleksie hipokampa) nabiera cech gramatyki bezkontekstowej, a nawet kontekstowej. Odbyna się tutaj strukturalizacja wielu wątków nagrań.

Odpowiednikiem wątku zapisu w pamięci długotrwałej, który może być przeniesiony do pamięci krótkotrwałej, jest ortogonalny ciąg sekwentów. Ortogonalizację uzyskujemy w pamięci długotrwałej podczas marzeń sennych. Każdy z elementów ortogonalnego ciągu sekwentów ma inny predykat, wskazujący inny segment w pamięci długotrwałej. W pamięci krótkotrwałej mamy ciąg sekwentów, w którym każdy sekwent składa się z predykatu wskazującego położenie sekwentu w pamięci krótkotrwałej oraz części prawej sekwentu będącej predykatem do ortogonalnego ciągu sekwentów w pamięci długotrwałej.

⁵ John Lyons, *Chomsky*, Prószyński i Spółka, Warszawa 1998

⁶ Waldemar Wietrzykowski, *Implementacja rachunku sekwentowego*, DIL 2018

⁷ Waldemar Wietrzykowski, *Uczenie języka naturalnego*, IIS 2018

⁸ Waldemar Wietrzykowski, *Konsolidacja elementarna*, IIS 2019

Powstaje pytanie, jaki będzie skutek, jeżeli pojedynczy element w pamięci długotrwałej (np. słowo, zdarzenie, itd.) nastąpiłby pojedynczym sekwentem rachunku sekwentowego odpowiadającego za gramatykę regularną, liniową czy skończenie stanową. Wówczas predykat tego sekwentu odpowiada za położenie tego sekwentu w korze mózgowej pamięci długotrwałej. Prawa część sekwentu odpowiada za treść informacji przechowywanej w położeniu tego sekwentu. Droga nieswoista zapewnia połączenie zewnętrzne z predykatem sekwentu, co zapewnia łączność zmysłową świata zewnętrznego z odpowiednim predykatem czyli sekwentem umiejscowionym w korze mózgowej pamięci długotrwałej.

Natomiast pojedynczy element pamięci krótkotrwałej składa się z sekwentu, którego predykat odpowiada za położenie tego sekwentu w korze mózgowej pamięci krótkotrwałej, a prawa część sekwentu odpowiada za predykat wskazujący położenie pewnego sekwentu w korze mózgowej pamięci długotrwałej przechowującego treść informacji w prawej części tego sekwentu.

Załóżmy teraz, że mamy ciąg elementów w pamięci krótkotrwałej. Po zastąpieniu każdego elementu tego ciągu sekwentem, ciąg takich sekwentów będzie wskazywał różne sekwentu rozmieszczone w pamięci długotrwałej z informacjami w prawej stronie. Pamięć krótkotrwała tworzy wówczas ciąg elementów skojarzonych z różnymi miejscami w pamięci długotrwałej. Po przeniesieniu takiego ciągu z pamięci krótkotrwałej do pamięci długotrwałej otrzymujemy nowy ogół w procesie generacji ogółu lub nową formułę zdaniową w procesie dedukcji. Jest to proces wnioskowania dedukcyjnego pozwalający przetworzyć formułę zdaniową lub zdanie na inną formułę poprzez zamianę symbolu lub szeregu symboli pasujących do prawej strony pewnej produkcji, na lewą stronę tej produkcji. Stosowanie produkcji do zamiany symboli zawartych w formule zdaniowej lub zdaniu zostaje zakończone, kiedy nie zostaje odszukana żadna produkcja pozwalająca na dalszą zamianę. Końcową formułę zdaniową nazywany formułą ogólną lub ogółem. Proces ten nazywamy procesem generacji ogółu lub dedukcją.

Jak widzimy, dzięki pamięci krótkotrwałej i długotrwałej z elementów reprezentujących gramatykę regularną, liniową lub skończenie stanową można tworzyć gramatyki bardziej ogólne jak, bezkontekstowe, kontekstowe, rekursywne, czy rekursywnie przeliczalne⁹.

Bibliografia

1. Rodolfo Llinas, *“Coherent 40-Hz oscillation characterizes dream state in humans”*, Department of Physiology and Biophysics, New York University Medical Center, New York, 1993
2. John Lyons, *Chomsky*, Prószyński i Spółka, Warszawa 1998
3. Noam Chomsky, *Syntactic structures*, New York 2002
4. Noam Chomsky, *Aspects of the theory of syntax*, MIT 1965
5. Saul Sternberg, *Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments*, American Scientist, 1969
6. Waldemar Wietrzykowski, *Konsolidacja elementarna*, IIS 2019
7. Waldemar Wietrzykowski, *Naturalny System Operacyjny*, IIS 2019
8. Waldemar Wietrzykowski, *Dwie maszyny*, IIS 2018
9. Waldemar Wietrzykowski, *Uczenie języka naturalnego*, IIS 2018
10. Waldemar Wietrzykowski, *Implementacja rachunku sekwentowego*, DIL 2018
11. Waldemar Wietrzykowski, *Wystarczalność rachunku sekwentowego. Rachunek tautologiczny*, DIL 2018
12. Waldemar Wietrzykowski, *Teoria Świadomej Maszyny*, DIL 2018

Copyright © 19.07.2020 IIS

⁹ Waldemar Wietrzykowski, *Uczenie języka naturalnego*, IIS 2018