



KONSOLIDACJA ELEMENTARNA

Waldemar Wietrzykowski

Instytut Inteligencji Stosowanej, grudzień 2019

Streszczenie matematyczny model scalania (binding) informacji zapamiętanej w pamięci krótkotrwałej [short-term memory] (pamięci bezpośredniej, operacyjnej, świeżej) zlokalizowanej w grzbietowo-bocznej części kory przedczołowej (DLPFC) [dorsolateral prefrontal cortex] z informacją zapamiętaną w pamięci długotrwałej [long-term memory] za pomocą impulsacji gamma [40 Hz] i konsolidacji elementarnej (jednostkowej) [12,5 msek], a następnie przekazywanie produktów scalania do pamięci tymczasowej długotrwałej TLTM [Temporary Long-Term Memory] zlokalizowanej w hipokampie [hippocampus].

Osobliwym fenomenem w funkcjonowaniu mózgu człowieka jest aktywność neuronalna rejestrowana przy pomocy magnetoencefalografu na odcinku wzgórzowo-korowym w zakresie fal gamma w pobliżu 40 Hz (Rodolfo Llinas 1993)¹. Jest ona efektem funkcjonowania większego kompleksu neuronalnego, który w zakresie wznoszącym impulsy neuronalne dzieli się na część specyficzną (swoistą) i część niespecyficzną (nieswoistą). Część specyficzna rozpoczyna się od jednostek czuciowych, przebiega przez jądra specyficzne wzgórza, dalej biegnie przez drogi specyficzne wzgórzowo-korowe i kończy się w korze mózgowej. Natomiast część niespecyficzna rozpoczyna się od momentu przejścia górnej części specyficznej kompleksu w jego część niespecyficzną w tworze siatkowatym pnia mózgu, przebiega przez jądra niespecyficzne wzgórza, dalej biegnie przez drogi niespecyficzne wzgórzowo-korowe i również kończy się w korze mózgowej.

Część specyficzna kompleksu i jego część niespecyficzna współpracują ze sobą w ten sposób, że część specyficzna przesyła do kory mózgowej impulsy niosące informacje niezbędne do orientacji i przystosowania jednostki do otoczenia, natomiast część niespecyficzna przesyła, w tym samym czasie, impulsy aktywujące korę mózgową do przetwarzania otrzymanej informacji. Krótko mówiąc, część niespecyficzna aktywuje korę mózgową w celu przetwarzania przez nią informacji poznawczych dostarczanych przez część specyficzną.

Zakłada się, że zachodzi tu korelacja aktywności wyżej wspomnianego kompleksu ze zdolnością poznawczą jednostki. Jak wykazały eksperymenty, przeprowadzone przy pomocy magnetoencefalografu, aktywność kory mózgowej w zakresie specyficznym jest przetwarzana, na wzór kadrowania (skanowania), około 40 kadrów na sekundę przez układ niespecyficzny w ten sposób, że każdy kadr pobudzenia specyficznego kory mózgowej, aktywowanego przez układ niespecyficzny, od przedniej do tylnej powierzchni kory, trwa 25 msek² (dokładniej 12,5 msek czołowo-potylicznego skanowania i

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

² Potwierdzają to eksperymenty przeprowadzone przez zespół Rodolfa Llinasa w 1993 roku, przy użyciu 37-kanalowego magnetoencefalografu (MEG) firmy Biomagnetic Technology (San Diego). Zaobserwowano magnetyczne oscylacje wzgórzowo-korowe (40-Hz) z przesunięciem fazowym od przedniej do tylnej części kory mózgowej. Oscylacje te są obserwo-

następne 12,5 ms okresu spoczynkowego). Ponadto rytm 40 Hz skanowania jest resetowany w stanie czuwania przez bodźce sensoryczne.

Jak dalej wykazano, 12,5 msek skanowanie kory mózgowej jest procesem konsolidacji jednostkowej pamięci długotrwałej z pamięcią krótkotrwałą. Z tego względu powyższy kompleks neuronalny w celu realizacji właściwego dla siebie zadania musi współdziałać dodatkowo z systemem pamięci opartym o pamięć krótkotrwałą, tymczasową pamięć długotrwałą i pamięć długotrwałą.

Jednostka specyficzna i niespecyficzna

W dalszej części niniejszej pracy pomocne będzie wprowadzenie takich pojęć jak: jednostka specyficzna i jednostka niespecyficzna.

Definicja: Jednostką specyficzną nazywany zespół neuronów połączonych z pojedynczym włóknem nerwowym. Szczególnym jej przypadkiem jest jednostka czuciowa, która jest zespołem receptorów czuciowych rozmieszczonych na niewielkim obszarze powierzchni ciała i połączonych z pojedynczym włóknem wnoszącym (aferyntnym).

Pobudzenie receptorów tej samej jednostki czuciowej powoduje przekazywanie impulsów specyficznych zawsze przez ten sam łańcuch neuronów aferyntnych do tego samego pola w korze mózgu (porównaj: organizacja somatotopowa pierwszorzędowej kory mózgowej).

Rozważmy impulsy wnoszące się od receptorów rozmieszczonych na obwodzie ciała. Impulsy te najpierw przebiegają drogami (włóknami) specyficznymi, a następnie rozgałęziają się na drogi specyficzne i niespecyficzne. Warunkiem przetworzenia informacji zawartych w impulsach specyficznych przez korę mózgową jest jednoczesne aktywowanie tej kory przez impulsy niespecyficzne.

W przypadku dróg nieswoistych, impulsy wnoszące docierają najpierw do tworu siatkowego pnia mózgu, gdzie konwergują w ten sposób, że na jedną jednostkę niespecyficzną aktywującą pewien obszar kory mózgowej może przypadać wiele jednostek specyficznych pobudzających pola kory należące do tego obszaru.

Definicja: Jednostką niespecyficzną nazywamy zespół jednostek specyficznych konwergowanych w układzie siatkowatym. Wybranie jednostki niespecyficznej oznacza możliwość pobudzenia tych wszystkich pól kory mózgowej, do których dochodzą drogi specyficzne konwergowane w tej jednostce. Pobudzane są tylko te pola kory mózgowej, do których dochodzą impulsy specyficzne agregowane przez określoną jednostkę niespecyficzną. Drogi niespecyficzne niosą jedynie informację o organizacji jednostek niespecyficznych. Impulsacje niespecyficzne są powtarzane cyklicznie w okresie 25 ms. Aktywacja jednostki niespecyficznej jest utożsamiana z kontekstem sceny postrzegania.

Warto zwrócić uwagę, że jednostka niespecyficzna konwerguje (łączy) zbiór jednostek specyficznych, które nie muszą odpowiadać przylegającym polom kory lecz mogą być rozrzucone na całej jej obszarze.

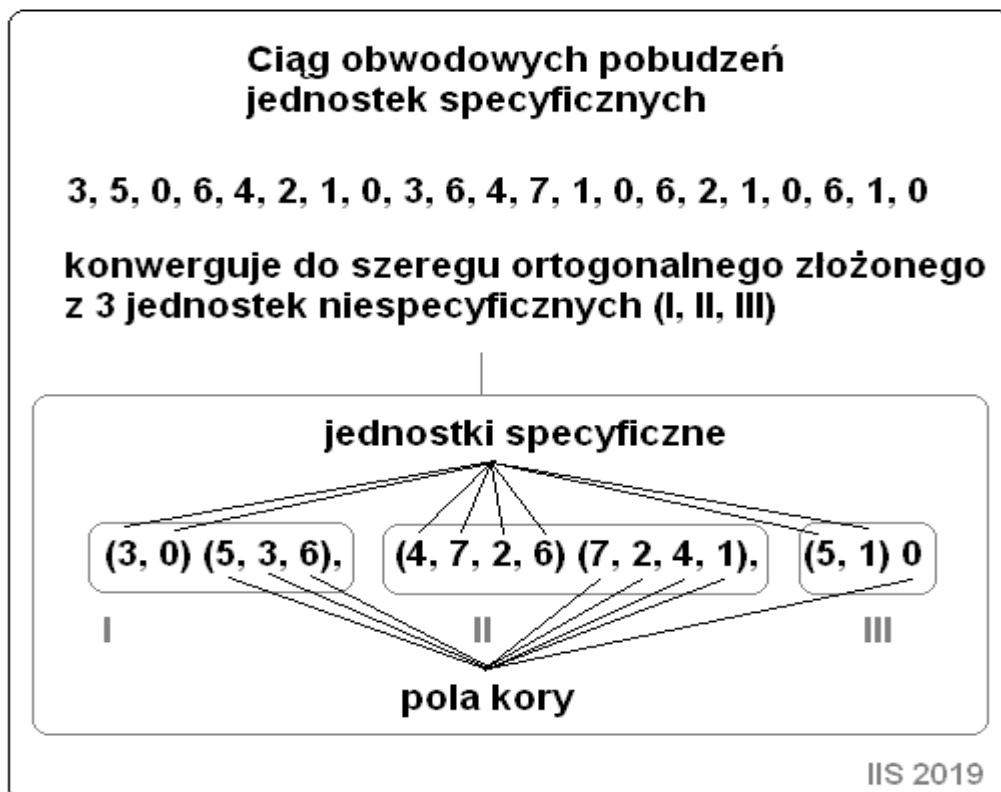
wane zarówno w stanie czuwania jak i marzeń sennych (REM), przy czym jedynie w stanie czuwania oscylacje te są resetowane poprzez bodźce czuciowe.

Rozwiązanie problemu wiązania

Problem wiązania sprowadza się do trudności badaczy w udzieleniu jasnej i wyczerpującej odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób aktywności poszczególnych pól kory są wiązane w świadome spostrzeżenie. Przy poszukiwaniu odpowiedzi na to pytanie okazało się, że model oparty na rachunku sekwentowym³, który został opracowany do rozwiązania samouczenia się maszyn, w sposób jasny, wyraźny i logicznie spójny pozwala wyjaśnić ten problem.

Definicja: W rachunku sekwentowym pojedynczy sekwent może reprezentować jednostkę niespecyficzną, w której lewa strona sekwentu przedstawia zbiór skonwergowanych jednostek specyficznych, a prawa strona sekwentu przedstawia odpowiadający mu zbiór pól kory mózgowej przydzielony jednostce niespecyficznej. Zgodnie z rachunkiem sekwentowym pobudzenie dowolnej jednostki specyficznej musi być związane z aktywacją odpowiedniej jednostki niespecyficznej, do której jednostka specyficzna należy, skutkującą aktywacją pozostałych pól kory, należących do innych jednostek specyficznych w obrębie tej jednostki niespecyficznej.

Niesie to takie konsekwencje, że pobudzeniu przynajmniej jednej jednostki specyficznej (odpowiadającej np. punktowi na powierzchni ciała) musi towarzyszyć aktywacja większego obszaru kory mózgowej niż należącego do tej jednostki specyficznej, gdyż należącego do wszystkich jednostek specyficznych w zakresie tej jednostki niespecyficznej, do której ta jednostka specyficzna należy.



³ Waldemar Wietrzykowski „Wystarczalność rachunku sekwentowego. Rachunek Tautologiczny” a także „Implementacja rachunku sekwentowego”

Należy zauważyć, że nie stawia się tu żadnych ograniczeń, że jednostka specyficzna ma należeć tylko do jednej jednostki niespecyficznej, a nie do różnych jednostek.

Sekwenty w rachunku sekwentowym mają szczególną cechę, którą jest możliwość łączenia ich ze sobą przy pomocy konsolidacji. Przenosząc tą cechę z sekwentów na jednostki niespecyficzne, wprowadzamy możliwość łączenia jednostek niespecyficznych w jedną jednostkę niespecyficzną. Warunkiem połączenia jednostek niespecyficznych jest posiadanie przynajmniej jednej wspólnej jednostki specyficznej lub wspólnego pola kory. Wynika z tego, że jednostki niespecyficzne, które nie dają się skonsolidować, mają różne jednostki specyficzne i różne pola kory. Nazywamy je rozłącznymi.

Ponieważ rachunek segmentowy jest równoważny gramatyce regularnej⁴ lub jednokierunkowej maszynie Turina z wbudowanym mechanizmem automatycznego („podświadomego”) nabywania gramatyki z otaczającej rzeczywistości, mamy więc do czynienia z systemem syntaktyczno-semantycznym dla gramatyki regularnej. Jest on rozwiązaniem problemu wiązania (binding problem solution). Krótko mówiąc rozwiązanie to opiera się na zestawie reguł umożliwiających samonauczanie gramatyki regularnej przez jednokierunkową maszynę Turinga, a najważniejszą jego funkcją jest konsolidacja.

Konsolidacja

Wyróżniamy następujące rodzaje konsolidacji:

- **Konsolidacja całościowa** – dotyczy szeregu jednostek niespecyficznych i trwa tak długo, aż wszystkie jednostki niespecyficzne zostaną skonsolidowane z pozostałymi, jeżeli dadzą się z nimi skonsolidować.
- **Konsolidacja jednostkowa** – dotyczy konsolidacji szeregu jednostek niespecyficznych z zewnętrzną do tego szeregu jednostką niespecyficzną (zwana jednostką konsolidowaną). Nadaje się do konsolidacji w czasie rzeczywistym. Jak dalej wykazano konsolidację całościową można przedstawić jako ciąg konsolidacji jednostkowych.

Konsolidacja całościowa

Sposób przeprowadzenia konsolidacji opisano w dziewiątym prawie rachunku sekwentowego⁵. Dziewiąte prawo rachunku sekwentowego w przełożeniu na jednostki niespecyficzne wygląda następująco: *Jeżeli w szeregu par jednostek niespecyficznych istnieją pary posiadające przynajmniej jedną wspólną jednostkę specyficzną lub wspólne pole kory to pary te można skonsolidować w pojedyncze jednostki niespecyficzne posiadające sumę zbiorów jednostek specyficznych i sumę zbiorów pól kory tych par.*

Oznacza to, że szereg jednostek niespecyficznych należy porównywać niepowtarzalnymi parami, co oznacza, że mamy sprawdzić zbiór kombinacji bez powtórzeń par jednostek niespecyficznych z tego szeregu. Ilość takich par jest równa $n!/2!(n-2)! = (n-1)n/2$, gdzie n jest ilością jednostek niespecyficznych w szeregu.

⁴ Waldemar Wietrzykowski „Naturalny system operacyjny. Gramatyka regularnopojęciowa”

⁵ Waldemar Wietrzykowski „Implementacja rachunku sekwentowego”, str 7

Implementację konsolidacji całościowej można zapisać następująco:

```
// fragment programu „consolid” wersja 7 (konsolidacja szeregu jednostek)

for (int i = 0; i < count - 1; i++)
{
    k = false;
    for (int j = i + 1; j < count; j++)
    {
        laczne = para(i, j);
        if (laczne)
        {
            jedn[j] = polacz(i, j);
            k = true;
        }
    }
    if (k) kasuj(i);
}
```

Algorytm ten konsoliduje szereg jednostek niespecyficznych o ilości *count*, poindeksowanych od 0 do *count*-1. Znajduje on wszystkie niepowtarzalne pary z szeregu jednostek niespecyficznych. Jeżeli parę wybranych jednostek do skonsolidowania oznaczmy jako *para(i, j)*, to pierwsza pętla *for* wybiera pierwszą jednostkę o indeksie *i* tej pary. Druga pętla *for* wybiera drugą jednostkę o indeksie *j* tej pary.

Pętłe te powodują, że najpierw pierwsza jednostka niespecyficzna szeregu o indeksie *i* = 0 porównywana jest z następnymi jednostkami w tym szeregu o indeksach *j* od 1 do *count*-1, potem druga jednostka niespecyficzna szeregu o indeksie *i* = 1 porównywana jest z następnymi jednostkami w tym szeregu o indeksach *j* od 2 do *count*-1, itd., aż przedostatnia jednostka niespecyficzna szeregu o indeksie *i* = *count* - 2 porównywana jest z ostatnią jednostką w tym szeregu o indeksie *j* = *count* - 1.

Jak można zauważyć, że konsolidacja całościowa szeregu o długości count jest złożeniem następujących konsolidacji jednostkowych:

$$kc(0..count-1) = kj(0, 1..count-1), kj(1, 2..count-1), \dots, kj(count-2, count-1)$$

gdzie:

kc – konsolidacja całościowa

kj – konsolidacja jednostkowa

Po ustaleniu pary jednostek niespecyficznych *para(i, j)* sprawdzamy, czy para jest łączna lub rozłączna. O łączności decyduje łączność zbiorów jednostek specyficznych lub łączność zbiorów pól kory w tej parze. Jeżeli para jednostek niespecyficznych jest łączna sumujemy zbiory jednostek specyficznych i sumujemy zbiory pól kory i tworzymy nową jednostkę niespecyficzną, którą wstawiamy w miejsce jednostki o indeksie *j*. Po ukończeniu drugiej pętli jednostkę o indeksie *i* usuwamy z szeregu.

Podstawową operacją w konsolidacji jednostek niespecyficznych jest sprawdzenie łączności dwóch jednostek niespecyficznych. Jeżeli są one łączne to drugą operacją jest połączenie ich w jedną jednostkę niespecyficzną. Pozostałe operacje to wybory jednostek do sprawdzenia ich łączności. Dla szeregu jednostek niespecyficznych o długości n ilość takich doborów nie przekracza $n(n-1)/2$. Jeżeli w trakcie doborów część jednostek zostaje połączonych w jedną jednostkę ilość takich doborów odpowiednio maleje. Występuje tu akumulacja szczegółów konsolidowanych w elementach szeregu konsolidowanego.

Ortogonalność szeregu jednostek niespecyficznych.

Definicja: Szereg jednostek niespecyficznych nazywamy ortogonalnym, jeżeli wszystkie zbiory jednostek specyficznych i wszystkie zbiory pól kory należące do jednostek niespecyficznych tego szeregu są rozłączne. Oznacza to, że w szeregu ortogonalnym nie ma takiej pary jednostek niespecyficznych, którą da się scalić w jedną jednostkę niespecyficzną. Własność szeregu ortogonalnego wynika z własności konsolidacji. Przy konsolidacji jednostek niespecyficznych uzyskujemy szereg ortogonalny.

Z podanej definicji wynika, że konsolidacja szeregu jednostek niespecyficznych daje szereg ortogonalny, który nie da się już dalej scalić. Konsolidacja szeregu ortogonalnego jednostek niespecyficznych daje ten sam szereg.

Konsolidacja jednostkowa.

Oprócz sprawdzania łączności niepowtarzających się par jednostek niespecyficznych pobieranych z szeregu tych jednostek w konsolidacji całościowej można sprawdzać jedynie łączność pewnej jednostki zewnętrznej zwanej konsolidowaną z szeregiem jednostek. Umożliwia to zmniejszenie dwóch pętli sprawdzania do jednej. Taką konsolidację nazywamy jednostkową lub elementarną. Konsolidacja ta wymaga wprowadzenia definicji ortogonalnego szeregu jednostek niespecyficznych.

Powstaje pytanie, dlaczego konsolidacją dwóch jednostek niespecyficznych nie nazywamy konsolidacją elementarną lub jednostkową? Odpowiedzią na to pytanie jest to, że konsolidacja tylko dwóch jednostek wprowadza nieortogonalność szeregu jednostek oznaczającą, że konsolidacja ta się jeszcze nie skończyła i musi trwać, dopóki szereg nie stanie się ortogonalny.

Konsolidacja szeregu ortogonalnego jednostek niespecyficznych o długości n z jedną jednostką niespecyficzną, nie należącą do tego szeregu, wymaga nie więcej niż n kroków.

Wszystkie jednostki szeregu ortogonalnego są rozłączne (wynika z definicji szeregu ortogonalnego). Natomiast każda jednostka z tego szeregu może być łączna z jednostką konsolidowaną.

```
// fragment programu "elementary" - ver 3 (konsolidacja szeregu ortogonalnego z jed-
nostką zewnętrzną)

for (int i = 0; i < count - 1; i++)
{
    k = false;
    laczne = para(i, count); // 0 ... count-1 - szereg ortogonalny;
                                count - jednostka konsolidowana
    if (laczne)
    {
        jedn[count] = polacz(i, count);
        k = true;
    }
    if (k) kasuj(i);
}
```

W konsolidacji jednostkowej z szeregiem ortogonalnym należy sprawdzić łączność n jednostek z tego szeregu z jednostką konsolidowaną. Po napotkaniu elementu szeregu ortogonalnego łącznego z jednostką konsolidowaną łączymy go z tą jednostką i usuwamy element z szeregu ortogonalnego (przy poprzedniej konsolidacji element był usuwany dopiero do zakończeniu pętli wewnętrznej). Dalej sprawdzamy łączność kolejnych elementów szeregu ortogonalnego z tą połączoną jednostką. Elementy włączone do jednostki konsolidowanej nie przeszkadzają w prawidłowości sprawdzenia łączności, bo szereg jest ortogonalny i wszystkie elementy są rozłączne. Po przejściu wszystkich elementów szeregu ortogonalnego dołączamy jednostkę konsolidowaną do tego szeregu (niezależnie od tego, czy była ona łączna lub nie z elementami tego ciągu). Oznacza to, że za każdym razem, po przejściu pętli przez elementy ciągu ortogonalnego, łączymy jednostkę konsolidowaną z tym ciągiem. Powoduje to, że jednostkę konsolidowaną możemy wstawić od razu na koniec szeregu ortogonalnego, a następnie sprawdzać łączność $n+1$ elementu z poprzednimi elementami tego szeregu. Występuje tu akumulacja szczegółów konsolidowanych w jednostce konsolidowanej z szeregiem ortogonalnym.

Istotną cechą konsolidacji jednostkowej jest wprowadzanie zmian konsolidacyjnych jedynie w jednostce zewnętrznej (konsolidowanej) na podstawie konsolidowanego z nią szeregu ortogonalnego jednostek, a dopiero później w szeregu ortogonalnym.

Powyższa procedura konsolidacji zapewnia ortogonalność szeregu, ponieważ wszystkie elementy szeregu ortogonalnego łączne z jednostką konsolidowaną są łączone z tą jednostką, a następnie usuwane, po czym jednostka konsolidowana zostaje włączona do szeregu jako dodatkowy element (jeżeli na początku włączona nie była). Własność ta zapewnia też, że jednostki niespecyficznie konsolidowane jednostkowo z szeregiem nieortogonalnym prowadzą do coraz większej jego ortogonalności, w granicy do jego zupełnej ortogonalności.

Różnica pomiędzy całościową konsolidacją szeregu jednostek, a konsolidacją jednostkową jest taka, że przy pierwszej konsolidacji stosujemy najpierw 1 prawo sekwentowe uzyskując tablicę implikacji, a następnie stosujemy 9 prawo sekwentowe uzyskując konsolidację szeregu. Natomiast przy konsolidacji jednostkowej już w trakcie realizacji 1 prawa sekwentowego dokonywana jest konsolidacja jednostkowa z tworzoną tablicą implikacji.

Wynika z tego, że konsolidowanie odbywa się w czasie rzeczywistym.

Konsolidacja jednostkowa ma tę ważną cechę, że można ją przerwać w dowolnej chwili i zakończyć ją później.

Konsolidacja jednostkowa a mózg człowieka

Właściwości konsolidacji jednostkowej znajdują idealne zastosowanie w modelowaniu świadomego przetwarzania informacji w mózgu człowieka. Załóżmy, że mózg człowieka posługuje się mechanizmem konsolidacji jednostkowej. Wówczas konsolidacja ta zostaje rozpoczęta po umieszczeniu informacji zewnętrznej w szybkiej pamięci krótkotrwałej (STM) [short-Term Memory] o naturze bioelektrycznej zlokalizowanej w grzbietowo-bocznej części kory przedczołowej (DLPFC) [dorsolateral prefrontal cortex]⁶. Dzięki konsolidacji jednostkowej, informacja ta jest konsolidowana z ortogonalną bazą wiedzy zlokalizowaną w pamięci długotrwałej (LTM) [long-Term Memory] długoterminowej zlokalizowanej w różnych obszarach kory nowej oraz pamięci długotrwałej tymczasowej TLTM [Temporary Long-Term Memory] zlokalizowanej w hipokampie [hippocampus], zwanej też jako bufor pamięci długotrwałej LTMB [Long-Term Memory Buffer]. Ortogonalna baza wiedzy jest uzupełniania na bieżąco nowymi informacjami pobranymi z książek czy internetu.. W procesie konsolidacji jednostkowej nowa informacja umieszczona w pamięci krótkotrwałej łączona jest z elementami ortogonalnej bazy wiedzy. Wynikiem konsolidacji jednostkowej jest rozszerzona wiedza w pamięci krótkotrwałej oraz wskazania elementów w ortogonalnej bazie wiedzy, które mają być skasowane, po zapamiętaniu w niej zawartości pamięci krótkotrwałej.

Przypuści, że pewne gwałtowne zdarzenie doprowadziło do skasowania lub nie zapamiętania zawartości pamięci krótkotrwałej. Wówczas związane z tą zawartością wskazania elementów do skasowania, również powinny ulec skasowaniu, w przeciwnym razie wywołałoby to luki w pamięci długotrwałej, a to nie występuje. Z tej to przyczyny w pamięci krótkotrwałej przechowywana jest informacja konsolidowana z pamięcią długotrwałą oraz wskazania elementów w pamięci długotrwałej do skasowania.

Przypuśćmy też i takie zdarzenie, które prowadziło do nagłego zwrócenia naszej uwagi na coś innego. Wówczas zawartość pamięci krótkotrwałej wraz ze wskazaniami elementów w pamięci długotrwałej do skasowania dostają zapamiętane w tymczasowej pamięci długotrwałej (TLTM) [temporary long-term memory], a do pamięci krótkotrwałej zostaje załadowana informacja związana z nowym zdarzeniem, gdzie następuje proces jej konsolidacji. W dogodnej chwili może nastąpić proces odwrotny i wymiana informacji między pamięcią tymczasową i krótkotrwałą oraz zakończony proces konsolidacji.

Po jakimś czasie z pamięci tymczasowej, skonsolidowana informacja wraz ze wskazaniami elementów do skasowania przechodzą do pamięci długotrwałej, gdzie następuje uzupełnianie i reorganizacja pamięci długotrwałej.

Gramatyka regulano-pojęciowa

Opisana w tej pracy gramatyka regularna jest jednak za słaba. Rachunek sekwentowy oparty na tej gramatyce odpowiada dopiero „podświadomemu” nabywaniu gramatyki. Dopiero gramatyka regu-

⁶ Waldemar Wietrzykowski, „Telepatia”, DIL 2010

larno-pojęciowa z wbudowanym mechanizmem interaktywnego („świadomego”) pozyskiwania gramatyki od wiarygodnego nauczyciela lub jego wiedzy oraz wbudowanym mechanizmem automatycznego („podświadomego”) wnioskowania w ramach pozyskanej gramatyki pojęciowej⁷ stanowi wystarczającą podstawę rozwiązania problemu wiązania.

Różnica pomiędzy gramatyką regularną a pojęciową sprowadza się do tego, że rachunek sekwencyjny dla gramatyki regularnej zapewnia zachowanie jedynie ortogonalności struktur w operacjach konsolidowania natomiast dla gramatyki pojęciowej oprócz zachowania ortogonalności struktur rachunek ten zapewnia dodatkowo niezmienną kolejność oraz ilość elementów w szeregu ortogonalnym. Potrzeba zachowania niezmiennego porządku i ilości elementów sprawia, że w drodze konsolidowania liniowa struktura ortogonalna ulega przemianie na zespół struktur ortogonalnych powiązanych w hierarchicznie drzewo.

Pod względem proceduralnym różnica między charakterem regularnym a pojęciowym zawiera się jedynie w różnicy w sposobie konsolidacji.

Model komputerowy

Sprawdzenie poprawności algorytmu konsolidacji szeregu implikacji zrealizowano w aplikacji „consolid” (wersja 7, C++). Następnie sprawdzono, czy uzyskane wyniki pokrywają się z wynikami otrzymanymi przy konsolidacji jednostkowej w aplikacji „elementary” (wersja 3, C++). Wyniki były identyczne.

Przykład 1

Aplikacja wykazała, że ciąg pobudzeń obwodowych jednostek specyficznych:

3,5,0,6,4,2,1,0,3,6,4,7,1,0,6,2,1,0,6,1,0,6,7,2,1,5,3,3,6,1,0

konverguje do szeregu ortogonalnego złożonego z 2 jednostek niespecyficznych:

(4,7,2,6) (7,2,4,1), (0,3,5,1) (3,6,5,0),

Przykład 2

Natomiast ciąg pobudzeń obwodowych jednostek specyficznych:

3,5,0,6,4,2,1,0,3,6,4,7,1,0,6,2,1,0,6,1,0

konverguje do szeregu ortogonalnego złożonego z 3 jednostek niespecyficznych:

(3,0) (5,3,6), (4,7,2,6) (7,2,4,1), (5,1) 0.

Przykład 3

⁷ Waldemar Wietrzykowski, „Naturalny system operacyjny”

Aplikacja wykazała też, że konsolidacja szeregu ortogonalnego złożonego z 3 jednostek niespecyficznych:

(3,0) (5,3,6), (4,7,2,6) (7,2,4,1), (5,1) 0

z ciągiem obwodowych pobudzeń jednostek specyficznych:

6,7,2,1,5,3,3,6,1,0

konverguje do szeregu ortogonalnego złożonego z 2 jednostek niespecyficznych:

(4,7,2,6) (7,2,4,1),(3,0,5,1) (3,6,5,0).

Przykład 4

Natomiast konsolidacja szeregu ortogonalnego złożonego z 3 jednostek niespecyficznych:

(3,0) (5,3,6), (4,7,2,6) (7,2,4,1), (5,1) 0

z ciągiem obwodowych pobudzeń jednostek specyficznych:

0 5 6 3

konverguje do 1 jednostki niespecyficznej:

(1,5,4,7,2,3,0,6) (0,7,2,4,1,5,6,3)

Przykład 5

Aplikacja wykazała również, że jeżeli ciąg pobudzeń obwodowych jednostek specyficznych z przykładu 1:

3,5,0,6,4,2,1,0,3,6,4,7,1,0,6,2,1,0,6,1,0,6,7,2,1,5,3,3,6,1,0

zakłócimy ciągiem pobudzeń obwodowych jednostek specyficznych:

11,13,8,14,12,10,9,8,11,14,12,15,9,8,14,10,9,8,14,9,8

otrzymamy, jak w przykładzie 1, konwergencję w postaci szeregu ortogonalnego złożonego z 2 jednostek niespecyficznych (oznaczonych niepogrubieniem) oraz 3 jednostek niespecyficznych zakłócających (oznaczonych pogrubieniem):

(0,3,5,1) (3,6,5,0), (4,7,2,6) (7,2,4,1), **(11,8) (13,11,14), (12,15,10,14) (15,10,12,9), (13,9) 8**

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. Waldemar Wietrzykowski, *Naturalny System Operacyjny*, IIS 2019
3. Waldemar Wietrzykowski, *Dwie maszyny*, IIS 2018
4. Waldemar Wietrzykowski, *Uczenie języka naturalnego*, IIS 2018
5. Waldemar Wietrzykowski, *Implementacja rachunku sekwentowego*, DIL 2018
6. Waldemar Wietrzykowski, *Wystarczalność rachunku sekwentowego. Rachunek tautologiczny*, DIL 2018
7. Waldemar Wietrzykowski, *Teoria Świadomej Maszyny*, DIL 2018
8. Waldemar Wietrzykowski, „*Telepatia*”, DIL 2010