

Piotr Wołkowski

Wykorzystanie architektury DAC w procesie nabywania języka

Wstęp

Wykorzystanie tego samego mentalnego obrazu świata w przypadku języka i w przypadku przestrzennego postrzegania świata, a także wykorzystanie podobnej metody pozyskania takiego obrazu stanowiłoby oszczędność tak pamięci jak i energii.

Moim zamiarem jest podanie pewnych przesłanek za tym, że procesy w przypadku języka naturalnego dadzą się przedstawić w oparciu o model, którego zadaniem jest poruszanie się w świecie fizycznym tak, by wyszukiwać obiekty określonego typu i unikać innych. Nawet gdyby podobny model nie miał odniesienia do języka naturalnego u człowieka ciągle jest to model, który może być pewną alternatywą dla interakcji językowej z maszyną.

Zamierzam przedstawić architekturę DAC (Distributed Adaptive Control). Maszyny tego typu poruszają się w świecie fizycznym, potrafią też skutecznie przetwarzać i wykorzystać nowe dane pozyskane przez interakcję z otoczeniem. Chcę pokazać, że taka architektura może zostać wykorzystana do analogicznych dynamicznych operacji językowych.

Nacisk na dynamikę reakcji w przypadku nowych danych pociąga za sobą sposób przechowywania informacji ze świata zewnętrznego. Przechowywanie ich na stosie (last-in-first-out) umożliwia najszybszy dostęp do tych informacji, które otrzymaliśmy jako ostatnie. Funkcja istotna i w skutecznej reakcji językowej i w szybkiej reakcji na zdarzenie w świecie zewnętrznym.¹

W architekturze DAC dane wejściowe trafiają do pamięci krótkotrwałej. Dopiero

1 Por. [Petersson, Forkstam, Ingvar 2004], [Pinker 1991].

po ustalonej liczbie wzmocnień informacja zostaje zapisana w pamięci długotrwałej. W przypadku pozyskiwania języka nie jest wtedy konieczny złożony system operacji lingwistycznych, ani wbudowany zbiór danych językowych, z którym maszyna dopiero sprawdza poprawność uzyskanego wyrażenia. Sam kontakt z przykładami użycia jest bodźcem, który wymusza przeniesienie pewnej struktury językowej z pamięci krótkotrwałej do długotrwałej. W ten sposób następuje „wycuczenie” poprawnych zachowań językowych. Przy czym poprawne są te, które występują najczęściej w „środowisku” językowym, nie zaś takie, które charakteryzują się określoną strukturą gramatyczną. Tak więc obraz gramatyki jest ustalany dynamicznie w miarę pozyskiwania nowych danych. Rozwiązuje to też problem zdolności językowej i gramatyki generatywnej, która musiałaby objąć wszystkie języki naturalne.

Na końcu przedstawię pierwsze przykłady eksperymentów i badań, które mogą wskazywać na zasadność takiego rozwiązania także w przypadku języka naturalnego u ludzi. Wiele procesów kognitywnych dzieli jedną infrastrukturę neuronową. Poza tym umiejętności dopiero nabywane przetwarzają inny obszar mózgu niż umiejętności już wyuczone [22]. Wreszcie w przypadku samego języka zostało wykazane, że zdolność wychwytywania struktury gramatycznej nie jest charakterystyczna tylko dla dzieci [20]. Eksperymenty z gramatykami sztucznymi świadczą za tym, że również osoby dorosłe zachowały tę zdolność.

Założenie wstępne

Celem zaproponowanego modelu jest rozwiązanie kwestii struktury gramatycznej. Problem może pojawić się jednak już na wcześniejszym poziomie. Obecny model zakłada, że dane pozyskane przez system mają już określoną kategorię gramatyczną, tj. system „wie” czy ma do czynienia z rzeczownikiem, czasownikiem itp. Nie do końca jest to prawdą. System musi nabyć znaczenie poszczególnych słów oraz ich funkcję gramatyczną. Tutaj zakładam, że powyższy problem zostałby rozwiązany przez podobny system, który jednak wymagałby znacznie bogatszych źródeł danych. Inna kwestia, to czy nabyte kategorie gramatyczne musiałyby się pokrywać z kategoriami gramatyki opisowej. Powiązanie widzenia i dźwięku może świadczyć o roli

wyrażenia w zachowaniu językowym.

Co do problemu Quinowskiego tłumacza pierwotnego to problem jest istotny w przypadku kiedy zrozumienie postrzegamy w postaci przekładu łańcucha znaków czy dźwięków. Znika jeśli myślimy o nim jak o interakcji z otoczeniem, jak o wrastaniu w pewien system relacji język-świat, a także relacji między użytkownikami języka.

1. Omówienie architektury DAC (Distributed Adaptive Control)

Konstruktorzy maszyny tego typu kierowali się dwoma założeniami. Po pierwsze system nie powinien posiadać żadnych wstępnie narzuconych (zaprogramowanych) koncepcji i zasad sortowania danych. Po drugie – maszyna ma być optymalna, tj. wybierać działania efektywne i dążyć do wykształcenia skuteczniejszych. Informację o sposobie postępowania powinna czerpać z interakcji ze środowiskiem.²

Tego typu maszyny mogą być realizowane w świecie rzeczywistym. W eksperymentach z architekturą DAC Verschure i Althaus wykorzystali mikroroboty o wymiarze 55 mm i wysokości 30 mm. Urządzenie zostało wyposażone w 8 czujników na podczerwień, co pozwalało na wychwycenie przeszkód w środowisku, ale tylko w niewielkiej odległości (do kilku milimetrów). Poza tym robot posiadał też kolorową kamerę o rozdzielczości 640x480 pikseli. W trakcie eksperymentu maszyna wyszukiwała określone obszary. Tutaj były to białe okręgi na powierzchni blatu. Plamy o innym kolorze, bariery fizyczne i ściana otaczająca blat stanowiły przeszkody, których maszyna unikała. Zadaniem maszyny było uczyć się rozkładu przeszkód, by efektywniej wyszukiwać obiekty pożądane.³ Eksperymenty były powtarzane też w środowisku wirtualnym, na cyfrowych modelach architektury DAC.

Proces uczenia się w DAC bazuje na klasycznym modelu warunkowania, przeniesionym jednak na poziom sztucznych neuronów. Natomiast sam proces jest realizowany na trzech poziomach kontroli (analogicznych do poziomów neuronów w teoriach koneksjonistycznych):

2 Por. [Verschure, Althaus 2003, 565]

3 [tamże, 576-578]

- i) poziom reakcji – odpowiedzialny za podstawowe zachowania, bazujące na bodźcach nieuwarunkowanych i nieuwarunkowanych reakcjach;
- ii) poziom adaptacji – który pozwala na wykształcenie pożądaných reakcji, tj. na uwarunkowanie bodźców;
- iii) poziom kontekstowy – łączy bodźce uwarunkowane i reakcje uwarunkowane w łańcuchy zachowań.

1.1. Poziom reakcji i adaptacji

Każdy bodziec nieuwarunkowany pobudza wewnętrzną sieć sztucznych neuronów w maszynie – określony stan wewnętrzny. Odpowiednio bodziec pozytywny wywoła stan, do którego maszyna później ma dążyć, zaś bodziec negatywny – odrzucenie. Z każdym stanem wewnętrznym wiążą się określone reakcje. W przypadku mikrorobota poruszającego się w środowisku, w którym ma poszukiwać białych plam a unikać innych reakcją na negatywny stan wewnętrzny jest unikanie, na stan pozytywny natomiast – kontynuowanie ruchu w kierunku obiektu.

I tak, kiedy zderzenie z przeszkodą fizyczną było poprzedzone obrazem z kamery, maszyna po odpowiedniej liczbie powtórzeń takiego zdarzenia korelowała te dwa typy danych i unikała przeszkody już w momencie, kiedy to kamera, a nie czujniki podczerwieni (działające na dużo mniejszy dystans), zarejestrowała obraz przeszkody. W ten sposób na poziomie adaptacji następowało warunkowanie bodźców. Połączenie stanu wewnętrznego i towarzyszącej mu reakcji jest dynamiczne, w tym sensie, że może się zmieniać w zależności od danych jakie, w kontakcie ze środowiskiem nabędzie maszyna⁴.

1.2. Poziom kontekstu i pamięć maszyny

Zachowanie maszyny, a także dostarczone bodźce i podjęte działania przetrzymywane są w pamięci krótkotrwałej. Jeśli określony ciąg zachowań, zapisany w pamięci krótkotrwałej, okaże się skuteczny, powiedzmy, zaowocuje odnalezieniem

4 [tamże, s. 566]

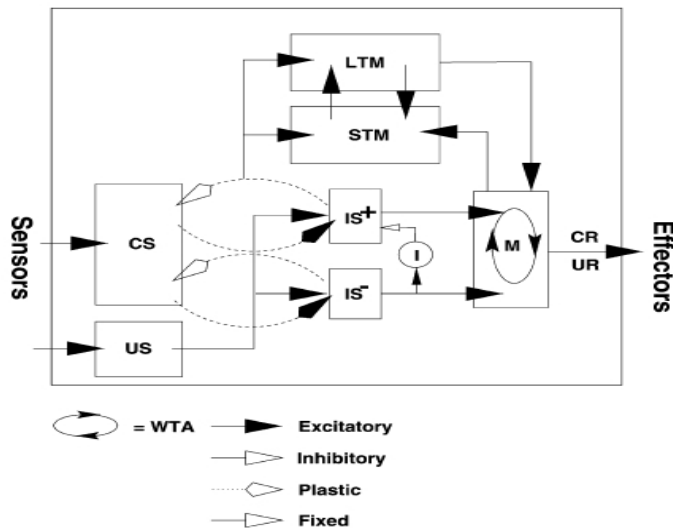
poszukiwanego obiektu, to taki ciąg zostaje zapisany w pamięci długotrwałej. Jeśli ciąg okaże się nieskuteczny – pamięć krótkotrwała zostaje skasowana. Znany bodziec może wywołać nie reakcję, pierwotnie powiązaną ze stanem wewnętrznym maszyny, ale reakcję bezpośrednio z pamięci długotrwałej. Im częściej określona reakcja okazuje się skuteczna, tym łatwiejsze staje się jej wywołanie.

W konsekwencji zachowania, które coraz łatwiej zostają wywołane, zaczynają tworzyć całe łańcuchy reakcji. Upraszczając, jeśli reakcją na przeszkodę jest ucieczka w lewo, gdzie maszyna zderzy się z kolejną przeszkodą to taka reakcja nie będzie wzmacniana. Jeśli zaś po ucieczce w prawo maszyna napotka poszukiwany obiekt, to w kolejnej podobnej sytuacji maszyna wybierze raczej ucieczkę w prawo, niż w lewo. Łączenie reakcji w łańcuchy prowadzi do coraz większej spójności obrazu świata⁵.

1.3. Podsumowanie architektury DAC

Dopiero trzy warstwy wspólnie sprawiają, że maszyna zachowuje się racjonalnie, tj. zmienia swoje zachowanie na podstawie nowych danych i dostosowuje je do sytuacji (wyciąga wnioski). Zasady działania DAC wykształciły się poprzez interakcję ze środowiskiem, maszyna jednocześnie bardzo szybko osiągnęła poziom stabilności. Nie miała problemu z wyborem najkrótszej ścieżki jeśli już zbadała teren.

5 [tamże, 569]



Ilustracja 1: Schemat działania DAC. CS - bodziec uwarunkowany; US - bodziec nieuwarunkowany; IS - stan wewnętrzny; STM - pamięć krótkotrwała; LTM - pamięć długotrwała; I - spowolnienie działania; M - mechanizm; CR - reakcja uwarunkowana; UR - reakcja nieuwarunkowana. Ilustracja zapożyczona z [26], s.567.

2. Zachowania językowe

2.1. DAC a język

DAC stanowi architekturę opisującą pewien sposób zachowania. Natomiast zmiana rodzaju receptorów, a w konsekwencji samych danych wejściowych i odbieranych bodźców oraz zmiana efektorów i, tym samym, produkowanych rezultatów nie wpływa na samą architekturę, tj. na sposób przetwarzania danych i zasadę ich przetwarzania.

W przypadku języka receptory musiałyby odbierać bądź to informację dźwiękową i obraz, bądź informację tekstową. Słowa warunkowane byłyby przy powtarzającym się występowaniu określonego dźwięku i obrazu. Pierwsze dwa poziomy architektury odpowiadałyby więc za opanowanie podstawowych wyrażen językowych, a także za podstawowe reakcje językowe i podstawową strukturę wyrażen. Trzeci – za kontekst (kwestie wyrażen intencjonalnych, implikatur, interpretacji [25]). Przykładowe analogie między zachowaniami DAC w przypadku zadań związanych z poruszaniem się

w przestrzeni, a reakcjami językowymi, mogłyby wyglądać następująco:

| Warunkowanie | Skrót | poruszanie się w przestrzeni | język |
|----------------------------|-------|---|---|
| bodziec nieuwarunkowany | US | Zderzenie z przeszkodą. | Każde niezrozumiałe zachowanie językowe. Nowe słownictwo bądź obca struktura gramatyczna. |
| bodziec uwarunkowany | CS | Zarejestrowanie przeszkody przez receptory i powiązanie tej informacji z możliwością zderzenia. | Wyrażenie zrozumiałe. Tak na poziomie semantyki jak i składni. |
| reakcja nieuwarunkowana | UR | Po zderzeniu – losowe poszukiwanie trasy i reset STM (by odrzucić nieskuteczne zachowanie). | Powtórzenie, zaburzenie językowe, nieciągłość [disfluency].[10] |
| reakcja uwarunkowana | CR | Po zarejestrowaniu przeszkody – ominięcie. Wybór optymalnej trasy do osiągnięcia celu. | Użycie pożądanego wyrażenia, tj. takiego, które pozwoli osiągnąć zamierzony rezultat (wywołanie oczekiwanej reakcji, dostarczenie informacji) i osiągnięcie tego rezultatu. |

Ostatecznie jednak, to co zdecydujemy się uznać za zachowania językowe analogiczne do zachowań maszyny DAC zależy od tego co rozumiemy przez język, jakie narzucamy na język funkcje i cechy. Osobny problem to postawienie granicy, ewentualnie pytanie o sens takiej granicy, między semantyką a składnią. Powyższe kwestie prowadzą do pytania o charakter języka.

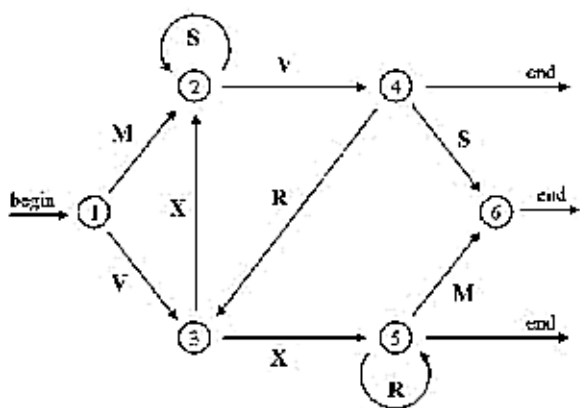
2.2. Obliczeniowy charakter języka

Przyjmuję tutaj ten pogląd na charakter języka, który zakłada, że jest to zjawisko obliczeniowe. Wynika to nie z założenia, że taki opis mógłby okazać się najbardziej adekwatny w przypadku języka naturalnego⁶. Istotniejsze jest, że język rozumiany w ten sposób daje się zaimplementować na maszynie cyfrowej. Takie założenie prowadzi do przyjęcia, że jest to też system generatywny. Język zostaje zidentyfikowany ze zbiorem reguł, ewentualnie z maszyną, na której reguły mogą zostać zaimplementowane. Każde wyrażenie, które maszyna jest w stanie wygenerować, lub też da się je wyprowadzić ze zbioru przyjętych reguł, jest wyrażeniem gramatycznym.

Gramatykę można przedstawić jako następującą czwórkę $G = \langle V, \Sigma, P, \sigma \rangle$, gdzie:

- V to niepusty alfabet końcowy (terminalny), np. $\{a, b, c\}$;
- Σ to niepusty alfabet pomocniczy (zmiennie metajęzykowe), np. $\{A, B\}$;
- P to zbiór skończonych relacji – lista produkcji, np. $\{A \rightarrow aba, B \rightarrow aB, B \rightarrow bc\}$;
- σ to symbol początkowy, inaczej – aksjomat gramatyki, np. A .

Poniżej zapis gramatyki w postaci grafu:



Implementacja tak rozumianego języka decyduje o strukturze i regułach języka

⁶ Choć np. Chomsky podtrzymywałby tę tezę. Przesłanki jakimi się przy tym kieruje dostępne są m.in. [Chomsky 2000], [Fitch, Hauser, Chomsky 2005], [Hauser, Chomsky, Fitch, 2002].

przetrzymany już na poziomie pamięci długotrwałej⁷.

2.3. Analiza niezinterpretowanych danych

System, który otrzymuje niezinterpretowane dane (tj. bez określenia z jaką częścią mowy ma powiązać otrzymany dźwięk) ma do wykonania dwa zadania: (i) podział danych na lingwistyczne składowe i (ii) przypisanie tym składowym znaczeń. Problem (ii) obejmuje dwie podkategorie: (a) przypisanie znaczeń składowym w nowym zdaniu ale w znanym języku i (b) przypisanie takich znaczeń w języku nieznanym⁸.

W zależności od modelu otrzymujemy następujące propozycje rozwiązań problemów (i) i (ii):

- Model uczy się jaką częścią mowy jest słowo poprzez powiązanie tych słów, które występują w tym samym kontekście. Jeśli grupa słów występuje w bardzo zbliżonym kontekście to z dużym prawdopodobieństwem mogą one reprezentować tę samą kategorię lingwistyczną⁹. Model bardzo ściśle segreguje słowa wytwarzając często nowe kategorie, w przypadku słów, które są rzeczownikami bądź czasownikami. Ale może to być przykład właśnie nieadekwatności klasycznego podziału na semantykę i syntaktykę. Poza tym umieszczenie tych kategorii w pamięci długotrwałej a później dalsze ich opracowywanie na podstawie nowych danych byłoby być może sposobem zawężenia ich dużej liczby. Natomiast semantycznie taki model się sprawdza.
- Proste sieci rekurencyjne (SRN – sieć, która rekurencyjnie rozbudowuje lewą lub prawą gałąź zdania; rekurencja złożona wyprowadza zagnieżdżenie. Znaczenia powstałe w pierwszy sposób dla człowieka są dużo łatwiejsze do zrozumienia, niż te, powstałe w drugi) są uczone by przewidywać kolejną daną wejściową na podstawie już pozyskanego materiału. Informacja już nabyta zostaje

7 Por. [Pettersson, Forkstam, Ingvar 2004], [Pinker 1991]. Mimo że przedstawiany opis ma charakter jakościowy powstają też narzędzia matematyczne, które pozwalają ująć procesy jakie zachodzą na poziomie sztucznych sieci neuronowych w postaci ilościowej, por. m.in. [Churchland 1992, 421].

8 Por. [Christiansen, Chater 2003, 268]

9 Por. [Finch, Chater 1993]

analizowana razem z danymi nabytymi. Stan wypadkowy służy wyprowadzeniu przewidywania co do kolejnego elementu danych wejściowych. Zdolność przewidywania można rozszerzyć na nowe zdania w języku. Ten etap wchodzi, kiedy reguły językowe zostały opanowane w podstawowym stopniu – tj. kiedy system rozróżnia formy mowy i kiedy nabył podstawowe zasady ich łączenia. SRN jest w stanie wygenerować abstrakcyjne klasy rzeczowników, czasowników i innych składowych języka¹⁰.

- Model, który wykorzystuje dwie powiązane sieci: pierwsza tworzy znaczeniowe bloki słów, druga opracowuje ich formy. System był w stanie odróżnić zdania poprawne gramatycznie od niepoprawnych, także dla zdań, gdzie słowa pojawiały się w niespotkanych wcześniej konfiguracjach. Taki model jest wrażliwy na kontekst słowa i może rozpoznać poprawność innej konfiguracji po kontekście¹¹.

DAC na trzecim poziomie przechodzi na opracowywanie danych w odniesieniu do kontekstu. Zaczyna wykorzystywać nowe dane nie do ustalenia kategorii (przeszkód, reakcji, celów), ale do wiązania danych na poziomie pamięci długotrwałej, o ile następuje na ich podstawie sprawne przewidywanie kolejnych danych pochodzących z zewnątrz. Jeśli na podstawie sieci, która została wytworzona w pamięci długotrwałej, da się skutecznie przewidywać kolejną daną językową, to taka sieć zostaje wzmocniona, w przeciwnym razie poszukiwana jest kolejna, a następnie testowana przy wykorzystaniu danych wejściowych. Trzeci poziom może być szczególnie istotny, coraz częściej bowiem dostrzegana zostaje rola kontekstu w nabywaniu struktury języka¹².

3. Sztuczne modele języka a mechanizmy biologiczne

Obecnie powyższe modele są testowane jedynie na okrojonych gramatykach sztucznych, bądź na wyrwanych elementach gramatyki języków naturalnych oraz na ubogim słowniku. Ciągłe natomiast konieczne jest sprawdzenie czy proponowane

10 Por. [Elman 1990]

11 Por. [Allen, Seidenberg 1999]

12 Por. [Christiansen, Chater 2003, 270]

mechanizmy dają się rozszerzyć na struktury bogatsze.

Przykładem zastosowania jednego z modeli uczących się sieci jest zadanie przydzielenia rzeczownikowi właściwego przedrostka określonego w języku niemieckim. Symulator miał za zadanie nauczyć się zasad przydzielania przedrostków. W języku niemieckim są one zależne od liczby, rodzaju i przypadku rzeczownika. Występuje sześć następujących form: *der, die, das, des, dem, den*, przy czym nie wszystkie pełnią tylko jedną funkcję. MacWhinney skonstruował sieć, która jest w stanie, z podanego materiału, nauczyć się stosowania przedrostków. 102 słowa stanowiły materiał do nauki. Po 40 ekspozycjach materiału sieć nauczyła się poprawnie przydzielać przedrostki (98%). Podobny efekt był osiągnięty, kiedy rzeczowniki występowały w innych przypadkach (poprawność na poziomie 92 %). Test był przeprowadzony również na nowych, nie występujących wcześniej rzeczownikach. Poprawność wyniosła 61 %. Przy losowym doborze przedrostków wynik powinien sięgać ok. 17% (6 występujących przedrostków musi spełniać 16 funkcji, które otrzymujemy po uwzględnieniu możliwych konfiguracji liczby, rodzaju i przypadku). Co oznacza, że sieć zaczęła uogólniać posiadane informacje¹³.

Być może tego typu modele dynamicznych sieci odzwierciedlają mechanizmy działające podczas nabywania języka. Przesłanki płyną z porównania danych otrzymanych w powyższych testach z rezultatami, jakie uzyskiwały dzieci nabywające język. Oba systemy miały tendencję do popełniania podobnych błędów: nadużywanie przedrostka *die*; zbyt częste przypisywanie *der* słowom zaczynającym się od *kl*; te połączenia przedrostków i rzeczowników, które sprawiają największą trudność dzieciom były najbardziej problematyczne także dla maszyny¹⁴.

Kolejna przesłanka za powyższą tezę wynika z testów na dorosłych, u których badano zdolności intuicyjnego przyswajania sztucznych gramatyk. Petersson, Forkstam i Ingvar badali zachowania ludzkiego mózgu podczas prezentowania wyrażen zbudowanych na sztucznych gramatykach. Obszar Broca, którego aktywność wzrastała

13 Por. [Mac Whinney 2003]

14 Por. [Mac Whinney 2003].

podczas procesów językowych, uaktywniał się również podczas wszelkich operacji wymagających odniesień do kontekstu (kolejna przesłanka za istotną rolę kontekstu w języku i poziomym kontekstu w DAC). Te same obszary uaktywniały się również podczas zadań, w których badani mieli stwierdzić gramatyczność wyrażen wygenerowanych przez sztuczne gramatyki.

Badanym przedstawione zostały wyrażenia generowane przez prawostronną, regularną gramatykę. Faza zapoznania badanych z materiałem trwała ok 40 min. Po wyświetleniu ciągu badany miał go sobie przypomnieć, wymówić i zapisać. W kolejnej fazie prezentowane były już ciągi gramatyczne i niegramatyczne. Średnia poprawnego kwalifikowania wygenerowanych ciągów osiągnęła poziom ok. $73 \pm 7\%$, przy zasięgu od 61-92%. Oczekiwany rezultat statystyczny to 50%. Zakłócenia w strukturze gramatycznej generowanych wyrażen pobudzały obszar Broca. Zdaniem autorów badań uczenie się sztucznej gramatyki może być modelem do dalszych analiz nabywania języka u dzieci¹⁵.

Ciekawą własność ludzkiego mózgu ujawniły badania stanów świadomości. Wynika z nich, że ta sama funkcja, to samo zachowanie jest przetwarzane przez inny obszar mózgu, kiedy jest wykonywane po raz pierwszy, czy ogólnie – kiedy jest nowe dla badanego – oraz, kiedy zostanie już wyuczone i odbywa się niejako odruchowo.

Podczas eksperymentu M. E. Raichle badał obraz rezonansu magnetycznego mózgu podczas pięciu stanów:

- 1) rozbudzenie, czujność, oczy zamknięte;
- 2) obserwowanie wyświetlanego na monitorze punktu; nic, poza punktem, nie jest wyświetlane;
- 3) obserwowanie wyświetlanego punktu, podczas gdy pod punktem pokazują się rzeczowniki w języku angielskim;
- 4) czytanie prezentowanych rzeczowników;
- 5) użycie i wypowiedzenie właściwego czasownika, podczas wyświetlania

15 Por. [Petersson, Forkstam, Ingvar 2004].

rzeczowników.

W przypadku ostatniej czynności mózg korzystał w różnych stadiach opanowania zadania z różnej infrastruktury neuronowej. Te obszary, które były aktywne podczas naiwnego wykonania zadania, milkły wraz z praktyką. I odwrotnie – w tych częściach mózgu, które były wyciszone kiedy zadanie było wykonywane na początku, aktywność rosła proporcjonalnie do wyuczenia się nowego zadania. Efekt obserwowany jest nie tylko w przypadku ćwiczeń związanych z językiem, również zadania z wyznaczaniem drogi przez labirynt dają podobny efekt, tj. zmianę obszaru, który nadzoruje daną aktywność. Jednakże cały proces jest przetwarzany przez inne obszary niż procesy językowe¹⁶.

Obszar odpowiedzialny za odbiór słów musi zostać połączony z obszarem wytwarzania mowy. Pewne ujęcie tej kwestii już w 1885 roku zaproponował Lichtheim. Informacja, jego zdaniem, może być przekazywana między obszarami bezpośrednio lub poprzez „ośrodek koncepcyjny”. Ta pierwsza ścieżka jest bardziej świadoma, druga – szybsza. Zaproponował też, że nauka języka odbywa się poprzez imitację: „[K]iedy inteligencja imitowanego dźwięku zostaje wbudowana w tło [superimposed], między ośrodkiem słuchowym a obszarem przetwarzania koncepcji powstaje połączenie”¹⁷.

Podobne „skrócenie” drogi zachodzi w przypadku DAC. Przechodzimy tu jednak w sposób pośredni bądź bezpośredni od receptorów do ośrodka koncepcyjnego (poziom kontekstu) przez poziom adaptacji. Tą pierwszą drogę stanowiłoby przetwarzanie informacji odebranej w receptorach przez pamięć krótkotrwałą do długotrwałej (czy też: poziom reakcji → poziom adaptacji → poziom kontekstu). Druga prowadziłaby od receptorów do pamięci długotrwałej (poziom reakcji → poziom kontekstu).

Inną interpretację uzyskanych przez Raichle'a wyników przedstawili Shallice i Norman. Ich rozwiązanie bazuje na dwóch schematach: współzawodnictwa [contention

16 Por. [Raichle 1998].

17 [Lichtheim 1885], przekład własny.

scheduling] i narzuconej uwagi [supervisory attention].¹⁸ Pierwszy odpowiada za wybór drogi, przez którą pokierowane będą informacje. Proces jest przetwarzany przez skończony zbiór programów. Wykonanie się części programów zależy od rodzaju danych wejściowych. Zadaniem drugiego systemu jest powstrzymanie i korygowanie nieodpowiednich działań, bądź zastępowanie ich innymi.

Również tą interpretację da się uzgodnić z architekturą DAC. Poziom adaptacji zawiera mechanizmy powstrzymujące działania szkodliwe (zderzenie). Korekta następuje poprzez skierowanie sygnału do przetworzenia przez te sieci, które wykazały reakcję pozytywną na zagrożenie. Co do pierwszego systemu to w DAC na poziomie reakcji jest rozstrzygane czy kolejne zachowania będą wywołane z poziomu adaptacji, czy z poziomu pamięci długotrwałej.

Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawiłem konstrukcję DAC. Założeniem podstawowym konstruktorów tej architektury była minimalizacja danych początkowych niezbędnych do wykonywania przez maszynę narzuconych jej zadań. W praktyce maszyna powinna wyprowadzać wnioski o efektywnym funkcjonowaniu w świecie na podstawie interakcji z otoczeniem.

Założeniem tej pracy było przedstawienie możliwości wykorzystania konstrukcji typu DAC do zachowań językowych. W niniejszym tekście przedstawiłem przesłanki za tym, że zachowania oryginalnej architektury da się zinterpretować w terminach nabywania języka. Przedstawiłem również przykłady modeli sztucznych, które, mimo że nie bazowały na danych dotyczących nabywania języka naturalnego, pokrywały się z rezultatami eksperymentów na nabywaniu właśnie języka naturalnego. Ten efekt uboczny wystąpił, kiedy konstruktorzy sztucznych systemów dążyli do wyprowadzenia najbardziej efektywnych modeli zachowań językowych. W analogiczny sposób, być może zastosowanie mechanizmów DAC do nabywania języka przez maszynę przyniesie też rezultaty, związane ze zrozumieniem procesu nabywania języka w ogóle.

18 Por. [Shallice 1988].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Allen, J., Seidenberg, M.S. (1999). The emergence of grammaticality in connectionist networks, [in:] *The Emergence of Language* (B. MacWhinney, Ed.), Mahwah, NJ: Erlbaum, 115-151 [za:] [3].
- [2] Arbib, M. A. (2003). Language Evolution: The Mirror System Hypothesis. [w:] [2], 606-611.
- [3] Arbib, M. A. (2003). *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [4] Christiansen, M. H., Chater, N. (2003). Constituency and recursion in language. [w:] [2], 267-271.
- [5] Chomsky, N. (2000). Linguistics and brain science. [w:] Marantz, A., Miyashita, Y., O'Neil, W. (2000) *Image, Language and Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [6] Churchland, P. M. (1992). Activation vectors versus propositional attitudes: How the brain represents reality. *Philosophy and Phenomenological Research*, Vol. LII, No. 2, 419-424.
- [7] Clark, A., Eliasmith, C. (2003). Philosophical issues in brain theory and connectionism. [w:] [2], 886-888.
- [8] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L. (1991). *Introduction to Algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [9] Elman, J.L. (1990). Finding structure in time, *Cognitive Science*, 14:179-211 [za:] [3].
- [10] Ferreira, F., Lau, E. F., Bailey, K. G. D. (2004). Disfluencies, language comprehension, and Tree Adjoining Grammars. *Cognitive Science*, 28, 721-749.
- [11] Finch, S., Chater, N. (1993). Learning syntactic categories: A statistical

- approach [in:] *Neurodynamics and Psychology* (M. Oaksford, G.D.A. Brown, eds.), New York: Academic Press, 295-321, [za:] [3].
- [12] Fitch, W. T., Hauser, M. D., Chomsky, N. (2005). The evolution of the language faculty: Clarifications and implications. *Cognition*, 97, 179-210.
- [13] Frank, R. (2004). Restricting grammatical complexity. *Cognitive Science*, 28, 669-697.
- [14] Grodzinsky, Y. (2003). Imaging the grammatical brain. [w:] [2], 551-556.
- [15] Hauser, M., Chomsky, N., Fitch, W. T. (2002). The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, Vol. 298, 1569-1579.
- [16] Lichtheim, L. (1885). On aphasia. *Brain* 7, 433-484, [za:] [18], 1893.
- [17] Lycan, W. G. (1991). Connectionism and the mental. *Noûs*, Vol. 25, No. 2, 207.
- [18] Lycan, W. G. (1995). Consciousness as internal monitoring, I. *Philosophical Perspectives, 9, AI, Connectionism, and Philosophical Psychology*, 1-14.
- [19] MacWhinney, B. (2003). Language acquisition. [w:] [2], 600-603.
- [20] Petersson, K. M., Forkstam, C., Ingvar, M. (2004). Artificial syntactic violations activate Broca's region. *Cognitive Science*, 28, 383-407.
- [21] Pinker, S. (1991). Rules of language. *Science*, Vol. 253, No. 5019, 530-535.
- [22] Raichle, M. E. (1998). The neural correlates of consciousness: an analysis of cognitive skill learning. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, Vol. 353, No. 1377, 1889-1901.
- [23] Rizzolatti, G., Luppino, G. (2003). Grasping movements: Visuomotor transformation. [w:] [2], 501-504.
- [24] Shallice, T. (1988) *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press, za: [18], s. 1893
- [25] Stone, M. (2004). Intention, interpretation and the computational structure of language. *Cognitive Science*, 28, 781-809.

- [2 6] Verschure, P. F. M. J., Althaus, P. (2003). A real-world rational agent: unifying old and new AI. *Cognitive Science*, 27, 561-590.