

Mózg predyktywny człowieka: produktywny menedżer kontra kreatywny lider

1. Predyktywny mózg człowieka

Rzeczy, zdarzenia czy procesy postrzegane przez mózg człowieka są z reguły kategoryalnie wieloznaczne. Nietoperz wygląda jak krzyżówka ssaka z ptakiem, lody imbirowe smakują jak deser i przyprawa jednocześnie, a klasyka Bacha w interpretacji Jacques Loussier Trio brzmi jak dobry jazz. Nawet jeśli obiekty nie wzbudzają wątpliwości co do przynależności taksonomicznej – jak pingwin do gromady ptaków, czy szezlong do kategorii kanap – są w swym wyglądzie dalekie od prototypu drozda czy sofy. Problem z percepcyjną kategoryzacją dotyczy szczególnie dzieci, których mentalny model świata jest jeszcze ubogi, a hipotezy generowane na jego podstawie dość naiwne, ujawniające wrodzoną intuicję biologiczną, fizyczną, czy społeczną.

Stając w obliczu niepewności, mózg człowieka próbuje dowiedzieć się z jakimi obiektami rzeczywistości ma do czynienia. Aby to osiągnąć musi na podstawie pobudzeń zbieranych przez zmysły wywnioskować strukturę świata, który te pobudzenia wywołał. Wnioskowanie z efektów (rejestrowanych) o przyczynach (ukrytych) jest jednak mocno zawodne, gdyż w świecie realnym nie ma izomorficznej relacji między przyczynami a skutkami. Ta sama przyczyna może dać bardzo zróżnicowane efekty na narządach zmysłów (samochód widziany w różnych perspektywach), a także różne przyczyny mogą wygenerować bardzo podobne pobudzenia zmysłowe (samochód, makieta samochodu, rysunek samochodu). Gdyby jedynym ograniczeniem przyczynowych wnioskowań mózgu były dostępne sensoryczne pobudzenia, wówczas – z punktu widzenia mózgu – każde wnioskowanie byłoby równie dobre jak pozostałe¹.

Skoro jednak człowiek potrafi przeprowadzać wiarygodne wnioskowania (czyli poprawnie odpowiedzieć na co patrzy) oznacza to, że muszą istnieć jakieś dodatkowe ograniczenia nakładane przez sam mózg. U najmłodszych dzieci są nimi najprawdopodobniej wrodzone odchylenia poznawcze, dzięki którym umysł mechanicznie preferuje pewne scenariusze i pozwala przewidzieć co dziecko zrobi. Z czasem odchylenia są dopełniane przekonaniem, które wraz z wiekiem i postępami wiedzy zaczynają dominować w procesie wnioskowania. Dzięki nim potrafimy przewidzieć nie tylko co człowiek zrobi, ale co powinien zrobić. Istnienie wrodzonych odchyleń i nabytych przekonań pokazuje, iż percepcja rzeczywistości jest ściśle powiązana z oczekiwaniami mózgu człowieka. Oczekiwania te przyjmują postać hipotez pozwalających przewidzieć przyczyny sensorycznych pobudzeń zmysłów.

¹ Hohwy, J. (2013) *The Predictive Mind*. Oxford: Oxford University Press, s. 14

Aparat poznawczy zatem robi to samo co lekarz: stawia diagnozy. Lekarza interesuje choroba kryjąca się za objawami, a mózg - forma świata kryjąca się poza dostępnymi wrażeniami. Czy stawianie diagnoz jest czymś łatwym? Niekoniecznie. Mózg z reguły zapomina (lub nie wie) o kluczowych informacjach, które muszą być uwzględnione aby diagnoza była wiarygodna.

Dla ilustracji posłużmy się przykładem medycznym.² Matka przychodzi do lekarza z dzieckiem mającym zmiany skórne. Dermatolog informuje ją, że 90% dzieci z jakimś poważnych schorzeniem ma dokładnie takie same objawy. Większość matek traktuje taką diagnozę niemal jak wyrok, ale czy na pewno słusznie? Czy postawiona diagnoza oznacza, że jej dziecko niemal na pewno (90%) ma ową ciężką przypadłość?

Oczywiście, że nie. „90%” to prawdopodobieństwo posiadania zaobserwowanych objawów jeśli dziecko ma na pewno ciężką chorobę ($p(\text{objawy} \mid \text{ciężka choroba})$). Matkę interesuje coś zupełnie innego: prawdopodobieństwo ciężkiej choroby jeśli na pewno zaobserwowano powyższe objawy ($p(\text{ciężka choroba} \mid \text{objawy})$). Aby uzyskać odpowiedź na właściwe pytanie potrzebne są jeszcze dwie dodatkowe informacje. Kluczowa dotyczy prawdopodobieństwa występowania owej ciężkiej choroby ($p(\text{ciężka choroba})$), zanim lekarz zaobserwował objawy. Jeśli jest to choroba rzadka szanse, że dziecko ją ma są rząd wielkości mniejsze. Z wielkiej chmury mały deszcz.

Druga brakująca informacja dotyczy prawdopodobieństwa wystąpienia zaobserwowanych objawów ($p(\text{objawy})$) i dopełnia zmienne równania (wnioskowania bayesowskiego) pozwalającego obliczyć prawdopodobieństwo warunkowe ciężkiej choroby przy danych objawach:

$$p(\text{ciężka choroba} \mid \text{objawy}) = p(\text{objawy} \mid \text{ciężka choroba}) \times p(\text{ciężka choroba}) / p(\text{objawy})$$

Tak samo jak dobry lekarz prawidłowo diagnozuje, sprawny mózg wnioskuje o świecie (którego wprost nie widać) na podstawie pobudzeń sensorycznych, które bezpośrednio odbiera:

$$p(\text{hipoteza jaki jest świat} \mid \text{docierające pobudzenia}) = p(\text{docierające pobudzenia} \mid \text{hipoteza jaki jest świat}) \times p(\text{hipoteza jaki jest świat}) / p(\text{docierające pobudzenia})$$

Stany percepcyjne są zatem odpowiedziami na pytania („jak tam jest na zewnątrz?”) stawianymi przez mózg w procesie wnioskowania bayesowskiego („która hipoteza najlepiej wyjaśnia taki a nie inny wzorec aktywności siatkówki?”). Treść tych stanów zależy od tego co robimy, co myślimy i kim jesteśmy. Każdy z tych obszarów naszej aktywności – motoryczny, epistemiczny i aksjologiczny – mający kluczowe znaczenie w procesie uaktualniania hipotez mentalnych, zapośredniczony jest aktywnością dedykowanej sieci

² Stone, J.V. (2013) *Bayes' Rule: A Tutorial Introduction to Bayesian Analysis*. Sheffield: Sebtel Press, s. 3

neuronalnej. Aktywność motoryczna („co robimy?”) zależy od rejestrowanego poziomu bezpieczeństwa odbieranego siecią istotności (*saliency network*), aktywizującą układ autonomiczny reakcji stresowej, system emocjonalnej oceny zdarzenia kory wyspy (*insula*), oraz system motywacyjny przedniej kory zakrętu obręczy (*anterior cingulate cortex*)³. Aktywność poznawcza („co myślimy?”) zależy od jakości odpowiedzi na pytania stawiane przez innych, a więc realizuje myślenie krytyczne siecią wykonawczą mózgu (*central executive network*)⁴. Aktywność aksjologiczna z kolei („kim jesteśmy?”) uzależniona jest od aktywności sieci domyślnej, zwanej również siecią stanu spoczynkowego (*default mode network*)⁵, odpowiedzialnej za stawianie nowych pytań, czyli myślenie kreatywne.

Każda z wyżej wymienionych sieci ma swój istotny udział we wnioskowaniu bayesowskim całego neuronalnego konektomu. Sieć istotności jest kolektorem danych ($p(\text{dane})$), sieć domyślna generuje hipotezy ($p(\text{hipoteza})$), a sieć wykonawcza testuje wiarygodność hipotez sieci domyślnej w świetle danych zebranych przez sieć istotności ($p(\text{dane} \mid \text{hipoteza})$). Współpraca wszystkich trzech sieci udostępnia ludzkiemu mózgowi nowe, ulepszone hipotezy (czyli przekonania jego właściciela) ($p(\text{hipoteza} \mid \text{dane})$), które w kolejnym wnioskowaniu mogą stać się przesłankami dostarczonymi przez sieć domyślną ($p(\text{hipoteza}')$).

2. Przeciążony umysł człowieka

Tak to w każdym razie powinno działać u człowieka neurotypowego, którego przestrzeń życia uwzględnia okresy czasu wolnego. Podczas relaksu, wolnego od zadaniowości sieci wykonawczej, mózg swobodnie generuje hipotezy siecią domyślną, odpowiedzialną za aksjologiczną ocenę ludzkich działań, czytanie umysłów innych, budowanie własnej tożsamości wokół autobiograficznych wspomnień, czy kreatywność⁶. Jeśli jednak zaczyna brakować czasu wolnego, człowiek – mając wąską bazę dostępnych hipotez (gdyż sieć domyślna kiepsko działa) – zaczyna wykazywać słabą centralną koherencję: koncentruje się na detalach, pomija kontekst i nie tworzy całościowego obrazu świata. Człowiek taki, najprawdopodobniej z objawami Nabytego Zespołu Zaburzeń Uwagi (ADT – *Attention Deficit Trait*)⁷, wynikającego z przeładowania mózgu nadmiarem zbędnej informacji, ma problemy z interpretacją informacji sensorycznej, ponieważ ma mocno osłabioną zdolność wykorzystania posiadanej już wiedzy ($p(\text{hipoteza})$). Efektem jest to, że prawie wszystko co do niego dociera traktuje jak sygnał, a prawie nic nie traktuje jak szum - czego rezultatem jest to, że dostrzega elementy, których nie powinien, a które mózg osoby neurotypowej ignoruje.

³ Craig, A. D. (2015) *How do you feel? An Interoceptive moment with your neurobiological self*. New Jersey: Princeton University Press

⁴ Bressler, S., V. Menon (2010) *Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles*. Trends in Cognitive Sciences, vol. 14, no. 6, s. 277-290

⁵ Buckner, R., J. Andrews-Hanna, D. Schacter (2008) *The Brain's Default Network*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1124, s. 1-38

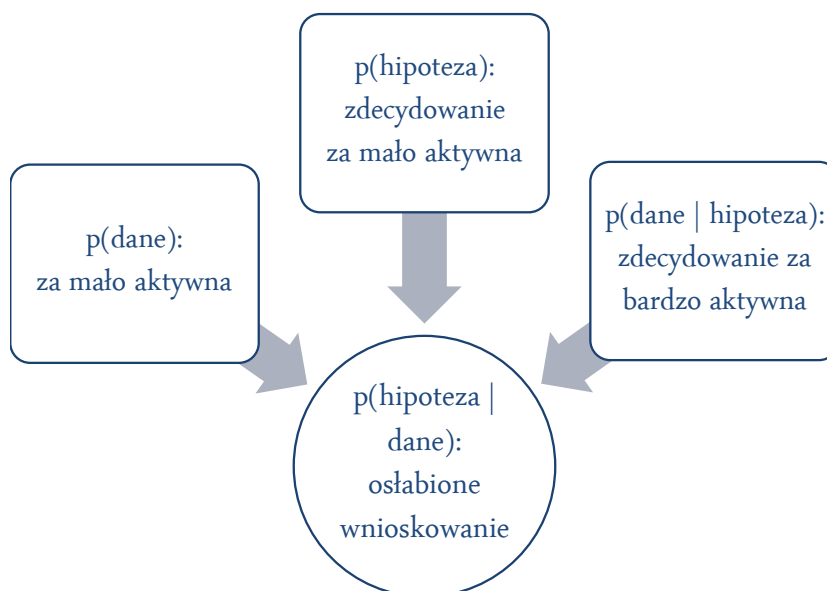
⁶ Corballis, M. (2015) *The Wandering Mind*. Chicago: The University of Chicago Press

⁷ Hallowell, E. (2005) *Overloaded Circuits: Why Smart People Underperform*, Harvard Business Review, styczeń, s. 2-9

Skoro prawie wszystko co dociera do zapracowanego człowieka jest traktowane jako ważne i godne uwagi, fragment mózgu testujący prawdopodobieństwo danych przy zafiksowanej hipotezie ($p(\text{dane} \mid \text{hipoteza})$) jest przeciążony, co skutkuje kosztami emocjonalnymi. Człowiek z ADT ma bardzo obniżone poczucie szczęścia: nie rozumiejąc świata odczuwa przed nim strach. Koszty emocjonalne skutkują strategiami samoobronnymi: czynności są powtarzane, pole uwagi jest zawężone, a człowiek izoluje się od otoczenia. Oczywiście, im bardziej złożona dziedzina – a możliwie najbardziej złożoną jest dziedzina społeczna – tym bardziej widoczny jest brak (lub osłabiona postać) wcześniejszych hipotez (owego $p(\text{hipoteza})$). Wpływa to na wnioskowanie i w konsekwencji na reakcje i zachowanie.

A zatem błędne koło w które wpadł człowiek pozbawiony czasu wolnego wygląda następująco: sensoryczne przeładowanie (praca, praca, praca, ...) skutkuje tym, że system percepcyjny ciągle informuje o błędach predykcyjnych (... a co to jest..., ...a skąd się to wzięło...). Dla mózgu w takiej sytuacji ciągle istnieje coś, czego trzeba się jeszcze nauczyć, a co wymaga kosztownych nakładów uwagi. Towarzyszące temu negatywne uczucia (... nie dam sobie rady..., ...jestem do niczego...), skłaniają do unikania sytuacji najbardziej złożonych, czyli społecznych (...nie idę, nie wiem jak się tam zachować...), w przypadku których kontekst jest ważniejszy od detali. Osoby pozbawione czasu wolnego wymuszają przewidywalność (pamiętamy, że mózg to maszyna predykcyjna) poprzez rutynizację działań („zachowuje się jak maszyna, albo zombie”).

Rys. 1 Mózg osoby z ADT



Jak można pomóc zapracowanemu człowiekowi, którego obwody neuronalne są przeciążone nadmiarem niskogatunkowej informacji? Wzmocnieniem sieci istotności ($p(\text{dane})$), wzmocnieniem sieci domyślnej ($p(\text{hipoteza})$), i osłabieniem sieci wykonawczej

(p(dane|hipoteza). Sieć istotności możemy wzmocnić aktywizując człowieka ruchowo, a tym samym wyzwalając nowe emocjonalne stany. Teoria emocji Jamesa-Langego została potwierdzona badaniami nad czasowo-przyczynową relacją między szybkim układem współczulnym wyzwalającym reakcję stresową, a znacznie wolniejszą emocjonalną oceną zdarzenia mającą miejsce w korze wyspy. Nie jest tak, jak głosi zdrowy rozsądek – uciekam gdyż boję się – lecz dokładnie na odwrót: ponieważ uciekam (układ współczulny), zaczynam się bać (wyspa). Wymuszając pewne formy działania na zapracowanym człowieku, na przykład poprzez organizację przestrzeni życia, możemy wygenerować określone pozytywne emocje, aktywizujące u niego osłabioną sieć istotności.

Drugim zabiegiem terapeutycznym byłoby osłabienie sieci wykonawczej, przeciążonej informacyjnym szumem traktowanym przez mózg jako sygnał. Najlepszym sposobem jest utrzymywanie restrykcyjnej higieny intelektualnej polegającej na odbieraniu jedynie komunikatów o wysokiej wartości i niewielkiej ilości informacji. Sama „informacja” jest pojęciem rozumianym na wiele, często wzajemnie sprzecznych sposobów. Na co dzień informacja jest synonimem znaczenia jak w zdaniu: „Książka zawiera kilka cennych informacji”. W teorii informacji jednak – co wielokrotnie podkreślał jej twórca, Claude Shannon – znaczenie wiadomości jest zasadniczo nieistotne. Dla Shannona informacja jest miarą losowości zdarzeń: znak dwójkowy – wykluczając drugą możliwość – przynosi bit informacji, a litera alfabetu – wykluczając dwadzieścia pięć innych możliwości – przynosi między czterema a pięcioma bitami informacji.

Tym samym znaczenie i informacja komunikatu ewentualnie złożoność i informacja układów fizycznych nie idą w parze. Informacja sama w sobie nie jest czymś wartościowym, a wartość należy dopiero wprowadzić do komunikatu (jako jego znaczenie) lub układu fizycznego (jako jego złożoność). Charles Bennett wypracował pojęcie złożoności i nazwał je *głębią logiczną*⁸. Głębina logiczna jest ilością pracy – obliczeniowej lub jakiegokolwiek innej – wykonanej przez nadawcę komunikatu lub projektanta obiektu, która zostaje zaoszczędzona odbiorcy lub użytkownikowi. Owa praca polega na selekcji informacji i odrzucaniu jej nadmiaru po to, by końcowy produkt zawierał tylko tę informację, która ma znaczenie w danym kontekście. Znaczenie komunikatu lub złożoność obiektu nie są zatem definiowane przez informację przenoszoną przez komunikat lub zawartą w obiekcie, lecz przez informację odrzuconą w procesie myślenia, kiedy komunikat był konstruowany, a obiekt projektowany. Czas potrzebny na wypowiedzenie myśli mierzy jej zawartość informacyjną. Czas potrzebny na sformułowanie myśli mierzy jej wartość.

Dla badania ilości informacji w komunikacie ważną pracą okazała się publikacja Leo Szilarda z 1929 roku, w której po raz pierwszy zwrócił uwagę, że informacja ma fizyczną naturę a jej przekształcanie generuje koszty. Szilard był przekonany, że etapem przekształcania informacji generującym koszty jest pomiar, czyli zapamiętywanie. W 1961 roku niemiecki

⁸ Bennett, Ch. (1995) *Logical Depth and Physical Complexity*, w: R. Herken (red.) *The Universal Turing Machine – a Half-Century Survey*. Wien: Springer-Verlag, s. 207–236.

fizyk pracujący w Laboratoriach IBM w Stanach Zjednoczonych - Rolf Landauer - udowodnił, że to nie pomiar kosztuje, lecz zapominanie⁹.

Zasada Landauera w połączeniu z koncepcją głębi logicznej Bennetta pokazuje, na czym polega działanie systemów obliczeniowych lub, ogólniej, układów przetwarzających informację. Punktem wyjścia jest nadmiarowa ilość mało wartościowej informacji, zbieranej przez zmysły w przypadku aparatu poznawczego człowieka. To, co robi mózg polega na odrzucaniu informacji i pozostawianiu tylko tej, która liczy się w danej sytuacji. Mózg nie jest zainteresowany milionami bitów informacji zbieranymi przez nasze zmysły w ciągu każdej sekundy, lecz 120-bitowym pakietem składającym się na nasze sekundowe okienko świadomości. Stan końcowy zawiera niewiele, za to bardzo wartościowej informacji. Analizy funkcjonalne potwierdzają hipotezę o odrzucaniu informacji przez mózg. Louis Sokoloff, pionier badań nad metabolizmem neuronów, wykazał, że zastrzyk energii do komórki nie następuje podczas realizacji potencjału czynnościowego, lecz podczas przygotowania do niego, kiedy komórka musi zapłacić za pozbycie się metabolicznych odpadów¹⁰. Zwiększony przepływ krwi przenoszącej glukozę jest miarą informacji odrzuconej przez mózg.

Ostatnią, ale za to kluczową wskazówką terapeutyczną adresowaną dla przeciążonego umysłu jest wzmocnienie sieci domyślnej przede wszystkim poprzez odejście od zadaniowości na rzecz refleksji, oraz wprowadzenie do codziennego rozkładu zajęć możliwie wielu sytuacji definiowanych poprzez wartości. Nietrudno zauważyć, że rozwój nowych mediów i technologii informatycznych stwarza okazję i potrzebę coraz częstszych pobudzeń uwagi, przy czym treść owych pobudzeń staje się coraz mniej istotna. Poziom rozproszenia uwagi na rzeczy nieistotne pokazuje, iż w coraz większym stopniu jest nam wszystko jedno na czym się koncentrujemy, a więc co sobie cenimy. Wokół nas trwa ustawiczna walka o ograniczone zasoby uwagi, a najbardziej na tym traci przestrzeń publiczna niezbędna dla elementarnych form społecznej interakcji. Nawet jeśli nie rozmawiamy ze sobą w przestrzeni publicznej – ale jednocześnie nasza uwaga nie jest zaabsorbowana reklamami – spotykamy siebie nawzajem jako osoby i budujemy na bazie takich spotkań własną tożsamość¹¹.

⁹ Landauer, R. (1991) *Information is Physical*. Physics Today, maj, s. 23-29

¹⁰ Sokoloff, L. (2004) *Energy Metabolism in Neural Tissues in vivo at Rest and in Functionally Altered States*, w: R. Shulman, Rothman, D. (red.) *Brain Energetics and Neuronal Activity*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, s. 11–30

¹¹ Crawford, M. (2015) *The Word Beyond Your Head*. London: Viking