

Inteligencja u ludzi

Mózg to masa o wadze trzech funtów, którą można utrzymać w dłoni, a która pozwala wyobrazić sobie wszechświat o średnicy stu miliardów lat świetlnych. - Marian Diamond

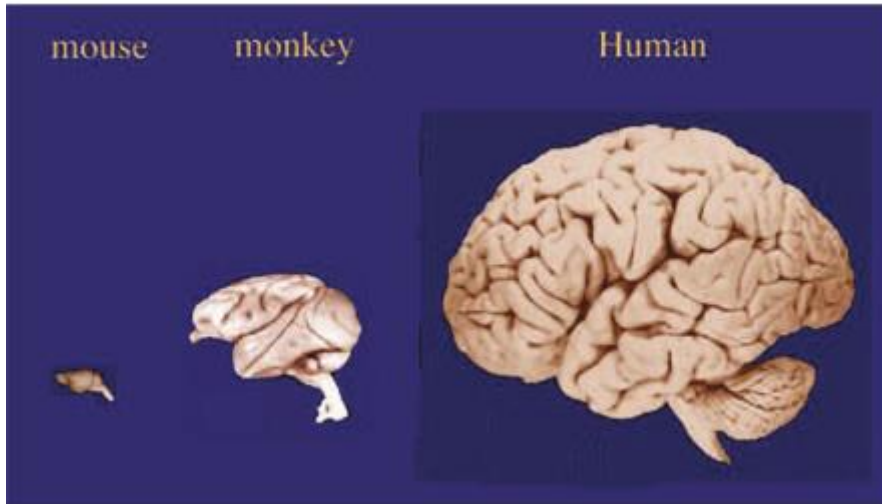
Mózg to ostatnia i największa granica biologiczna, najbardziej złożona rzecz, jaką do tej pory odkryliśmy w naszym wszechświecie. - James Watson

Uważa się, że zwierzęta, podobnie jak współcześni ludzie, pojawiły się po raz pierwszy około 2,5 miliona lat temu. Około 70 000 lat temu w Afryce nastąpiła rewolucja poznawcza u gatunku zwanego Homo sapiens. Struktura mózgu sapiens osiągnęła próg wyrafinowania i możliwości, dzięki czemu ukształtowały się idee, wiedza i kultura. W konsekwencji biologia dała początek historii. W tym rozdziale przedstawiamy wydajną strukturę kory nowej w ludzkim mózgu. Następnie omawiamy specyficzny sposób myślenia ludzi, teorię ludzkiego mózgu. Na koniec omawiamy niedobór ludzkiej inteligencji w radzeniu sobie z problemem przeciążenia informacyjnego i zjawiskiem kokonu informacyjnego.

Kora mózgowa w mózgu: efektywna struktura

Co spowodowało rewolucję poznawczą u sapiens? Nie wiemy tego dokładnie. Jedno wiemy na pewno: rewolucja poznawcza umożliwiła nowe sposoby myślenia i komunikacji między sapiens. Darwiniści uważają, że losowe mutacje genetyczne zmieniły wewnętrzną strukturę mózgowi sapiens, czyniąc je bardziej inteligentnymi. Dlaczego jednak wystąpiła ona tylko u sapiens, a nie u neandertalczyków, których wyginięcie doprowadziło do wyginięcia sapiens? Nie jesteśmy pewni. Jednym z możliwych powodów jest to, że specyficzna struktura mózgu jest spowodowana przepływem informacji, podobnie jak zjawisko struktur dyssypatywnych opisane wcześniej. Nie ma wątpliwości, że informacja jest ważna dla przetrwania i rozwoju zwierzęcia. W każdej chwili zwierzę mierzy się z ogromną ilością informacji, w tym z pożywieniem, wodą, schronieniem, drapieżnikami, środowiskiem itp. Napędzana przepływem informacji generowanym przez środowisko, w mózgu ssaków rozwinęła się specjalna struktura – kora mózgowa. Słowo „kora mózgowa” pochodzi z łaciny i oznacza „nową skórę”. Ta struktura umożliwia mózgowi niwelowanie nierównowagi między informacjami poza mózgiem a informacjami wewnątrz mózgu w szybszym tempie niż inne struktury. Innymi słowy, wykorzystując tę strukturę, system (mózg i środowisko) stabilizuje się w szybszym tempie niż miałoby to miejsce w przypadku użycia innej struktury. A inteligencja pojawia się naturalnie w tym procesie stabilizacji. Istota szara pokrywająca powierzchnię mózgu nazywa się korą mózgową, która stanowi materialną bazę zaawansowanych czynności neuronalnych i składa się z neuronów, włókien nerwowych i gleju. Ludzka kora mózgowa ma dużą liczbę fałdów zwanych zakrętami, płytkie przerwy między zakrętami nazywane są bruzdami, a głębokie i szerokie bruzdy nazywane są szczelinami. Obszar bruzdy zakrętu zwiększa powierzchnię kory. Powierzchnia kory mózgowej jest podzielona na pięć płatów – czołowy, ciemieniowy, skroniowy, potyliczny i limbiczny. Płaty czołowe, ciemieniowe, skroniowe i potyliczne pojawiają się później w filogenezie i nazywane są nową korą mózgową, a płaty limbiczne pojawiają się wcześniej i nazywane są starą korą mózgową. Kora mózgowa dzieli się na sześć warstw, od zewnątrz do wewnątrz: warstwę molekularną, zewnętrzną warstwę ziarnistą, warstwę piramidalną, wewnętrzną warstwę ziarnistą, warstwę komórek zwojowych i warstwę komórek polimorficznych, które składają się z różnych typów komórek nerwowych. Komórki ziarniste odbierają sygnały sensoryczne, a komórki piramidalne przekazują informacje ruchowe. Zgodnie z ewolucją kora mózgowa dzieli się na korę pradawną (archeocortex), korę starą (paleocortex) i korę nową. Kora pradawna i kora stara są związane ze zmysłem węchu i są zbiorczo określane jako mózg węchowy. U ssaków, im wyższa ranga, tym bardziej rozwinięta jest nowa kora mózgowa. Stara i stara kora mózgowa to kora trójwarstwowa, podczas gdy kora nowa rozwija się w sześć warstw. Ze względu na wysoce rozwiniętą ludzką korę nową, zajmuje

ona około 96% całej kory. Kora nowa jest cechą charakterystyczną mózgu ssaków i nie występuje u ptaków ani gadów. Kora nowa jest największą częścią kory mózgowej ssaków. Ma około 2–4 mm grubości w górnej warstwie półkuli mózgowej i jest powiązana z niektórymi wyższymi funkcjami, takimi jak percepcja, generowanie poleceń motorycznych, świadomość, rozumowanie przestrzenne i język. Nazywa się ją „neo”, ponieważ ewolucyjnie jest najnowszą częścią kory mózgowej. Jest to również najbardziej zróżnicowana część gatunków ssaków, jak pokazano na rysunku.



Rozmiar kory nowej jest bardzo zróżnicowany u różnych ssaków. U gryzoni ma ona mniej więcej rozmiar znaczka pocztowego i jest gładka. U naczelnych kora nowa jest misternie pofałdowana na głębokich grzbietach, bruzdach i zmarszczkach reszty mózgu, aby zwiększyć jej powierzchnię. Ze względu na staranne ułożenie, kora nowa stanowi trzon ludzkiego mózgu. Około 80% mózgu ludzkiego pochodzi z kory nowej. Wygląd dużego czoła Homo sapiens sprawił, że kora nowa stała się u niego większa.

Szczególny sposób myślenia ludzi

Poziomy abstrakcji i wzorce

Rozwój kory nowej nie tylko przynosi korzyści. Wiąże się on również z ogromnymi kosztami. Zwykłe ssaki ważące sześćdziesiąt kilogramów mają mózg o objętości średnio 200 centymetrów sześciennych. Dla porównania, współcześni ludzie mają mózg o objętości 1200–1400 centymetrów sześciennych. Pierwszym problemem jest trudność w noszeniu tego olbrzymiego mózgu w masywnej czaszce. Kolejnym, ważniejszym problemem jest zaopatrzenie tego olbrzymiego mózgu w energię. Mózg stanowi zaledwie 2–3% całkowitej masy naszego ciała. Jednak około 25% energii naszego ciała jest potrzebne do zasilania mózgu w stanie spoczynku. Dla porównania, mózgi innych małych człokształtnych potrzebują zaledwie 8% energii w stanie spoczynku. Ze względu na wysokie koszty, efektywność energetyczna jest bardzo ważna. Aby oszczędzać energię, kora nowa wykorzystuje „wzorce” do przetwarzania informacji, robiąc to w sposób hierarchiczny. Ray Kurtweild nazwał to „teorią umysłu rozpoznawania wzorców”. Odkryto, że zwierzęta bez kory nowej (np. inne niż ssaki) są w dużej mierze niezdolne do rozumienia hierarchii. Zrozumienie hierarchicznej natury rzeczywistości jest cechą charakterystyczną wyłącznie dla ssaków, a to za sprawą kory nowej, która odpowiada za percepcję sensoryczną, rozpoznawanie wszystkiego, od obiektów wzrokowych po koncepcje abstrakcyjne, od rozumowania po myślenie racjonalne, a także za język. Przetwarzanie logiki wymaga znacznie więcej energii niż rozpoznawanie wzorców w mózgu. Dlatego człowiek ma jedynie słabą zdolność do przetwarzania logiki, ale silną zdolność do rozpoznawania wzorców. W 1978 roku neurobiolog Vernon Mountcastle zaobserwował niezwykłą jednorodność organizacji kory nowej,

stawiając hipotezę, że składa się ona z pojedynczego mechanizmu, który powtarza się w kółko, i proponując kolumnę korową jako tę podstawową jednostkę. Ta podstawowa jednostka to rozpoznawca wzorców, który stanowi fundamentalny składnik kory nowej. Te rozpoznawcy są w stanie łączyć się ze sobą. Ta łączność nie jest z góry określona przez kod genetyczny. Zamiast tego jest ona tworzona, aby odzwierciedlać wzorce, których faktycznie uczymy się z czasem. W ludzkiej korze nowej znajduje się około pół miliona kolumn korowych, z których każda zawiera około 60 000 neuronów. Łącznie w ludzkiej korze nowej znajduje się około 30 miliardów neuronów. Szacuje się, że w każdym rozpoznawcy wzorców w obrębie kolumny korowej znajduje się około 100 neuronów, a w ludzkiej korze nowej jest ich około 300 milionów.

Ludzka zdolność plotkowania

Rozwój kory nowej wiąże się z ogromnymi kosztami. Zwykłe ssaki ważące sześćdziesiąt kilogramów mają mózg o objętości średnio 200 centymetrów sześciennych. Dla porównania, mózg współczesnych ludzi o inteligencji sapiens ma mózg o objętości 1200–1400 centymetrów sześciennych. Pierwszym problemem jest trudność w noszeniu tego ogromnego mózgu w ogromnej czaszce. Kolejnym, ważniejszym problemem jest zasilanie tego ogromnego mózgu. Mózg stanowi zaledwie 2–3% całkowitej masy naszego ciała. Jednak około 25% energii naszego ciała jest potrzebne do zasilania mózgu w stanie spoczynku. Dla porównania, mózgi innych małych człokształtnych potrzebują zaledwie 8% energii w czasie spoczynku. Ze względu na wysokie koszty, efektywność energetyczna jest bardzo ważna. Aby oszczędzać energię, kora nowa wykorzystuje „wzorce” do przetwarzania informacji i robi to w sposób hierarchiczny. Ray Kurtweild nazwał to „teorią umysłu rozpoznającą wzorce”. Stwierdzono, że zwierzęta bez kory nowej (np. inne niż ssaki) są w dużej mierze niezdolne do rozumienia hierarchii. Zrozumienie hierarchicznej natury rzeczywistości jest cechą unikalną dla ssaków ze względu na korę nową, która odpowiada za percepcję sensoryczną, rozpoznawanie wszystkiego, od obiektów wizualnych po koncepcje abstrakcyjne, rozumowanie po myślenie racjonalne i język. Przetwarzanie logiki wymaga znacznie więcej energii niż rozpoznawanie wzorców w mózgu. Dlatego człowiek ma jedynie słabą zdolność do przetwarzania logiki, ale silną zdolność rozpoznawania wzorców. W 1978 roku neurobiolog Vernon Mountcastle zaobserwował niezwykłą jednorodność w organizacji kory nowej, stawiając hipotezę, że składa się ona z pojedynczego mechanizmu, który jest powtarzany w kółko, i proponując kolumnę korową jako tę podstawową jednostkę [3]. Ta podstawowa jednostka jest rozpoznawcą wzorców, który stanowi fundamentalny składnik kory nowej. Te rozpoznające są zdolne do łączenia się ze sobą. Ta łączność nie jest z góry określona przez kod genetyczny. Zamiast tego jest ona tworzona tak, aby odzwierciedlała wzorce, których faktycznie uczymy się z biegiem czasu. W ludzkiej korze nowej znajduje się około pół miliona kolumn korowych, z których każda zawiera około 60 000 neuronów. Łącznie w ludzkiej korze nowej znajduje się około 30 miliardów neuronów. Szacuje się, że w każdej komórce rozpoznającej wzorce w obrębie kolumny korowej znajduje się około 100 neuronów, a w ludzkiej korze nowej jest ich około 300 milionów. Pomimo kosztów związanych z korą nową, ta nowa struktura umożliwiła sapiens nie tylko rozwój języka werbalnego i pisanego, narzędzi i innych różnorodnych tworów, ale także przekazywanie informacji o rzeczach, których nigdy nie widzieli, nie dotykali, nie wączali lub które w ogóle nie istnieją. Plotki, legendy, bogowie, mity i religie pojawiły się po raz pierwszy na Ziemi, jak pokazał Yuval Harari w swojej Krótkiej historii ludzkości. Podczas gdy inne zwierzęta mogły wcześniej powiedzieć: „Uwaga! Lew!”, sapiens mógł powiedzieć: „Lew jest duchem opiekuńczym naszego plemienia”. Co ciekawe, prawie każde starożytne plemię ludzkie miało podobny kult totemów. Słowo totem pochodzi od indyjskiego słowa „totem”, które oznacza „jego znak”, „jego krewny”. W XVIII wieku antropolodzy odkryli indiański kult totemów w Ameryce Północnej. Słowo totem jest językiem plemienia Indian Ameryki Północnej, reprezentującym znak lub emblemat klanu. Ludzie żyjący w tym plemieniu wierzyli, że totem był przodkiem i obrońcą klanu, więc ich totem był specjalnym znakiem wspólnym dla członków klanu. Jest

to zasadniczo ta sama koncepcja, którą mamy teraz w odniesieniu do nazwisk. Znaki totemów wskazują po prostu na więzy krwi między członkami tego samego klanu. Kult słońca i kult ducha ptaka to dwa najwcześniejsze kultury w społeczeństwie ludzkim, a kult słońca jest niemal zintegrowany z kultem ducha ptaka. Ponieważ w pierwotnym myśleniu ludzi słońce jest płonącym ptakiem latającym po niebie. Rysunek 2 przedstawia starożytny totem Shu, ptaka słońca.



Co jest dość zaskakujące, ten słońceznik był kiedyś powszechnym obiektem kultu całej ludzkości. Luan lub Luo w starożytnych Chinach, Amaterasu w Japonii, Laibird w starożytnym Egipcie, Thunderbird w starożytnej Ameryce, Klaunos (Zeus) w starożytnej Grecji, Gallolus w starożytnych Indiach i ptak terinle, wszystkie one są słońceznikami. A nazwy słońcezników są bardzo podobne pod względem fonetycznym, takie jak „Luan” w Chinach, „Lai” w starożytnym Egipcie, „Lei” w starożytnej Ameryce i „Gallo” w starożytnych Indiach. Przodkowie żyjący w naszym kraju mieli również inne zwyczaje kultu totemów w pierwotnym społeczeństwie. W „Zapisach Historycznych” egzorcyzm tygrysów, niedźwiedzi, pixiu itp. prowadzone przez Żółtego Cesarza są prawdopodobnie pozostałościami totemów klanowych zachowanych w legendzie. Huangdi znany jest również jako Youxiong, dziadek Shuna nazywa się Jiao Niu, a feudałowie You Jia itd. Istnieje wiele legend. Ponadto ślady kultu totemów odnaleziono również w zapisach historycznych sprzed dynastii Qin i w klasycznych tekstach konfucjańskich. Na przykład w „Zuo Zhuan – Siedemnasty rok księcia Zhao” znajduje się wzmianka: „Klan Dahao został nazwany na cześć smoka, więc jest panem smoka, a smok nosi imię”, co opisuje klan, którego totemem jest smok; ptak jest odpowiedni, więc jest zapisany w ptaku, a ptak nosi imię pana ptaków”. Jest to również klan, którego totemami są ptaki. W „Księdze Historii Gao Taomo” czytamy: „feniks przybywa na ceremonię”, a „bestie prowadzą taniec”, co oznacza, że wiele klanów, których totemami są ptaki i zwierzęta, wspólnie popiera Shuna jako swojego przywódcę. „Księga Pieśni — Xuan Niao” „Tajemniczy ptak urodził się w Shang” — Rodzina królewska Shang używała Xuan Niao jako totemu, co wskazuje na ich wiarę w Xuan Niao jako przodka. W pierwotnych wierzeniach uważa się, że członkowie tego klanu pochodzą od określonego gatunku. W większości przypadków uważa się ich za spokrewnionych ze zwierzęciem. Zatem wiara w totemy ma związek z kultem przodków. W wielu mitach totemicznych uważa się, że przodkowie pochodzą od określonego zwierzęcia lub rośliny lub mają z nimi związek, dzięki czemu dane zwierzę lub roślina stały się najstarszym przodkiem narodu. Na przykład: „Tajemniczy Ptak Przeznaczenia Niebios zstąpił do dynastii Shang” („Zapisy Historyczne”) Tajemniczy Ptak stał się totemem dynastii Shang.

Łagodzenie nierównowagi informacyjnej w celu ułatwienia stabilności

Ponieważ Homo sapiens są zwierzętami społecznymi, współpraca społeczna jest kluczem do przetrwania i reprodukcji. Jeśli Homo sapiens w plemienu odkryje lwa lub wspólnego wroga, istnieje nierównowaga informacyjna wśród Homo sapiens w tym plemienu. Kluczowe jest złagodzenie tej nierównowagi informacyjnej poprzez jak najszybsze przekazanie jej innym Homo sapiens. Przed rewolucją poznawczą Homo sapiens utrzymywał kalejdoskopowe relacje w populacji liczącej około kilkudziesięciu osobników. Gdy grupa staje się zbyt duża, jej porządek społeczny staje się niestabilny i grupa się rozpada. Jak mogą uzgodnić zasady, kto powinien być przywódcą, kto powinien jeść pierwszy lub kto powinien z kim kopulować? W obliczu rewolucji poznawczej Homo sapiens zyskał bezprecedensową zdolność do skutecznego łagodzenia nierównowagi informacyjnej, co daje mu elastyczność współpracy w dużych grupach, milionach, a nawet miliardach. Posiadają zdolność przekazywania wiadomości o rzeczach, które nie istnieją, takich jak duchy plemienne, narody, spółki z ograniczoną odpowiedzialnością i prawa człowieka. Umożliwia to współpracę dużej liczby nieznajomych i szybką innowację w zachowaniach społecznych. Każda duża grupa ludzka, w tym narody, korporacje czy kościoły, wymaga wspólnego mitu w zbiorowej wyobraźni jednostek. Około 2,5 miliarda ludzi wierzy obecnie w biblijną historię stworzenia, a miliardy ludzi wspólnie walczą ze zmianami klimatu. Podobnie, dolar istnieje we wspólnej wyobraźni miliardów nieznajomych. Ta bezprecedensowa współpraca korzysta ze szczególnej struktury ludzkiego mózgu. Ta szczególna struktura powstaje pod wpływem przepływu informacji, tak jak przepływ wody tworzy szczególną strukturę doliny, a przepływ energii tworzy szczególną strukturę życia. Te szczególne struktury pozwalają systemowi niwelować nierównowagę informacji, energii i materii w szybszym tempie niż inne struktury. Innymi słowy, ludzie wykorzystują szczególną strukturę mózgu do skuteczniejszej stabilizacji systemu niż inne struktury. Ponownie widzimy, że inteligencja wyłania się naturalnie z tego procesu stabilizacji.

Teorie dotyczące mózgu

Dla naukowców badających inteligentne maszyny oczywistym podejściem jest naśladowanie ludzkiego mózgu w programach komputerowych, aby ludzka inteligencja mogła być replikowana w maszynach liczących. Uważają, że mózg to bryła materii podlegająca prawom fizyki, a komputer może symulować wszystko. Aby to osiągnąć, niezwykle ważna jest teoria dotycząca działania mózgu. Pomimo bogactwa danych empirycznych w dziedzinie mózgu i neuronauki, istnieje stosunkowo niewiele globalnych teorii dotyczących działania mózgu. W tej części przedstawiamy niektóre z tych teorii, w tym hipotezę bayesowską mózgu, zasadę efektywnego kodowania i zasadę swobodnej energii.

Hipoteza bayesowska mózgu

Zgodnie z tą hipotezą, mózg działa w sytuacji niepewności w sposób podobny do statystyki bayesowskiej. Ze względu na ciągłe zmiany otoczenia, mózgi ludzi i innych zwierząt funkcjonują w świecie niepewności sensorycznej. Mózg musi skutecznie radzić sobie z niepewnością, aby kierować prawidłowymi działaniami. Podstawową ideą tej hipotezy jest to, że mózg posiada model świata. Kiedy pojawiają się sygnały sensoryczne (np. gdy coś jest widziane lub słyszane), mózg aktywnie wyjaśnia i przewiduje swoje doznania. W tej hipotezie istnieje model probabilistyczny, który może generować przewidywania, z którymi porównywane są sygnały sensoryczne. Na podstawie wyników porównania model jest aktualizowany. W XVIII wieku Thomas Bayes, angielski teolog, matematyk, statystyk matematyczny i filozof, a także twórca teorii prawdopodobieństwa, wymyślił to zgrabne, niepozorne twierdzenie Bayesa. Twierdzenie to nie zostało opublikowane za jego życia, ale od tego czasu odegrało ogromną rolę w różnych dziedzinach. Twierdzenie Bayesa jest bardzo proste, ale to nie przeszkadza mu stać się jedną z najgorętszych teorii we współczesnej kognitywistyce. Twierdzenie Bayesa mówi, że występują zdarzenia losowe A i B, a prawdopodobieństwo $P(A|B)$ wystąpienia zdarzenia A w momencie wystąpienia zdarzenia B jest równe prawdopodobieństwu $P(B|A)$ wystąpienia zdarzenia B w momencie

wystąpienia zdarzenia A, pomnóż przez prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia A, tj. $P(A)$, i podziel przez prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia B, tj. $P(B)$.

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)}. \quad (6.1)$$

Twierdzenie Bayesa pozwala nam wnioskować o prawdopodobieństwie wystąpienia jakiegoś zdarzenia na podstawie znanych prawdopodobieństw wystąpienia powiązanych zdarzeń. Kiedy wstaliśmy rano, sprawdziliśmy pogodę. Na niebie były chmury i chcieliśmy wiedzieć, jakie jest prawdopodobieństwo, że dziś będzie padać. W tym przypadku możemy wykorzystać twierdzenie Bayesa, aby oszacować prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu dzisiaj. Zakładając, że znane są nam te dane z wyprzedzeniem:

- 50% deszczowych poranków jest pochmurnych!
- Ale w rzeczywistości jest sporo pochmurnych poranków (około 40% dni jest pochmurnych rano)!
- W tym miesiącu dominuje susza (średnio tylko 3 dni z 30 dni będą padać, 10%)!

Jakie jest więc prawdopodobieństwo, że dziś będzie padać? Używamy słowa „deszcz” dla deszczu dzisiaj, a „chmura” dla pochmurnego poranka. Jeśli rano jest pochmurno, prawdopodobieństwo, że tego dnia będzie padać, wynosi $P(\text{deszcz}|\text{chmura})$.

$$P(\text{rain}|\text{cloud}) = P(\text{rain}) \times P(\text{cloud}|\text{rain})/P(\text{cloud}), \quad (6.2)$$

gdzie $P(\text{deszcz})$ to prawdopodobieństwo, że dziś będzie padać = 10%, $P(\text{chmura}|\text{deszcz})$ to prawdopodobieństwo, że rano w deszczowy dzień będzie chmura = 50%, a $P(\text{chmura})$ to prawdopodobieństwo zachmurzenia rano = 40%. Podstawowy model prawdopodobieństwa został określony i jest prosty.

$$P(\text{rain}|\text{cloud}) = 0.1 \times 0.5/0.4 = 0.125. \quad (6.3)$$

Prawdopodobieństwo deszczu wynosi dziś 12,5%. W latach 60. XIX wieku Hermann von Helmholtz wykazał w psychologii eksperymentalnej, że zdolność mózgu do ekstrakcji informacji percepcyjnych z danych sensorycznych jest modelowana w kategoriach estymacji probabilistycznej. Mózg musi organizować dane sensoryczne zgodnie z wewnętrznym modelem świata zewnętrznego. Na potrzeby hipotezy mózgu bayesowskiego opracowano wiele technik i procedur matematycznych. Na przykład w 2004 roku David C. Knill i Alexandre Pouget wykorzystali bayesowską teorię prawdopodobieństwa do sformułowania percepcji jako procesu opartego na modelach wewnętrznych. Aby efektywnie wykorzystywać informacje sensoryczne do wydawania osądów i kierowania działaniami w świecie, mózg musi reprezentować i wykorzystywać informacje o niepewności w swoich obliczeniach percepcji i działania. Mózg jest maszyną wnioskowania, która aktywnie wyjaśnia i przewiduje świat zewnętrzny w oparciu o modele wewnętrzne. Hipoteza mózgu bayesowskiego została wykorzystana w budowie inteligentnych maszyn, w szczególności algorytmów uczenia maszynowego, które zostaną omówione szczegółowo.

Zasada efektywnego kodowania

Zasada ta sugeruje, że mózg optymalizuje wzajemną informację między informacjami percepcyjnymi pochodzącymi z danych sensorycznych a modelem wewnętrznym w mózgu, biorąc pod uwagę ograniczenia dotyczące efektywności tych reprezentacji. Intuicyjnie, wzajemna informacja mierzy informację, którą dzielą dwie zmienne losowe. Mierzy, o ile znajomość jednej z tych zmiennych

zmniejsza niepewność co do drugiej. W najprostszej postaci zasada efektywnego kodowania mówi, że mózg i układ nerwowy powinny kodować informacje sensoryczne w sposób efektywny. Zasada ta została zastosowana w neurobiologii, przyczyniając się do zrozumienia natury reakcji neuronalnych. Jest skuteczna w przewidywaniu empirycznych cech klasycznych pól recepcyjnych i dostarcza zasadniczego wyjaśnienia kodowania rozproszonego oraz segregacji strumieni przetwarzania w hierarchiach wizualnych. Została rozszerzona o dynamikę i trajektorie ruchu, a nawet wykorzystana do wnioskowania o ograniczeniach metabolicznych przetwarzania neuronalnego.

Darwinizm neuronalny

W darwinizmie neuronalnym powstawanie zespołów neuronalnych rozpatrywane jest w świetle presji selekcyjnej. Piękno darwinizmu neuronalnego polega na tym, że zagnieżdża on w sobie odrębne procesy selekcyjne. Innymi słowy, unika on pojedynczej jednostki selekcji i wykorzystuje pojęcie metaselekcji. W tym kontekście wartość (neuronalna) nadaje wartość ewolucyjną (tj. sprawność adaptacyjną) poprzez selekcję grup neuronalnych, które pośredniczą w adaptacyjnych powiązaniach bodziec–bodziec i powiązaniach bodziec–reakcja. Zdolność wartości do tego celu jest zapewniona przez dobór naturalny, w tym sensie, że neuronalne systemy wartości same podlegają presji selekcyjnej. Ta teoria, a w szczególności uczenie się zależne od wartości, zainspirowała „uczenie się przez wzmocnienie”, które jest ważną gałęzią algorytmów uczenia maszynowego. Uczenie się przez wzmocnienie dotyczy tego, jak inteligentny agent podejmuje działania w środowisku, aby zmaksymalizować swoją skumulowaną nagrodę. Uczenie ze wzmocnieniem to jeden z trzech podstawowych paradygmatów uczenia maszynowego, obok uczenia nadzorowanego i uczenia bez nadzoru. Uczenie ze wzmocnieniem stoi u podstaw słynnego AlphaGo, programu komputerowego, który może pokonać każdego człowieka w grze Go. Zostanie to omówione szczegółowo w następnym rozdziale.

Zasada swobodnej energii

Zasada ta została zaproponowana przez Karla Fristona, brytyjskiego neurobiologa z University College London i autorytet w dziedzinie obrazowania mózgu. Był on pionierem i rozwinął jedną z najskuteczniejszych technik analizy wyników badań obrazowania mózgu i ujawniania wzorców aktywności korowej oraz relacji między różnymi obszarami kory. Friston zaproponował zasadę swobodnej energii mózgu i chciał doskonale wyjaśnić mechanizm działania mózgu za pomocą termodynamiki. Czym jest prawo swobodnej energii w fizyce? Omawiamy to w rozdziale 4. Innymi słowy, każdy samoorganizujący się układ w stanie równowagi dąży do stanu minimalnej swobodnej energii. Czym jest swobodna energia? Energia swobodna odnosi się do części zredukowanej energii wewnętrznej układu, która może zostać przekształcona w pracę zewnętrzną w określonym procesie termodynamicznym. Mierzy ona „użyteczną energię”, którą układ może wytworzyć na zewnątrz w określonym procesie termodynamicznym. Gdy układ z wymianą energii ze światem zewnętrznym (filiżanka gorącej herbaty na stole) jest w stanie równowagi, energia swobodna jest najmniejsza (temperatura wody spada, ciepło się rozprzestrzenia), co odnosi się do stanu, w którym entropia jest tak duża, jak to możliwe. Gdy temperatura wody spada do temperatury pokojowej, jest to stan najbardziej stabilny. Minimalna energia swobodna wynika z prawa interakcji między układem a środowiskiem zewnętrznym, zgodnie z drugą zasadą termodynamiki. Proces uczenia się układu poznawczego mózgu jest również zgodny z zasadą, że energia swobodna ma tendencję do bycia minimalną. Mówiąc prościej, mózg można porównać do wspomnianej filiżanki herbaty. Jego środowisko zewnętrzne i ta szklanka wody łączą się ze sobą poprzez interakcję energetyczną, która odpowiada pozyskiwaniu przez mózg informacji zewnętrznych (percepcji) za pomocą takich rzeczy, jak oczy i uszy. Ta szklanka wody będzie nabierać coraz bardziej temperatury pokojowej, co odpowiada wymianie informacji między mózgiem a światem zewnętrznym, podobnie jak ta szklanka wody. W tym

procesie informacje o świecie zewnętrznym w mózgu stają się coraz bogatsze. Jest ona nie tylko biernie przyjmowana, ale także aktywnie przewidywana i kształtowana. Zgodnie z zasadą minimalnej energii swobodnej mózgu, stan uczenia się polega na osiągnięciu stanu percepcyjnego, który spełnia oczekiwania mózgu, poprzez ciągłe dostosowywanie zachowania. Stan wewnętrzny mózgu może dokładniej odzwierciedlać zmiany w świecie zewnętrznym, dzięki czemu nie występują nieoczekiwane sytuacje. Razem te dwie części minimalizują energię swobodną mózgu. Siła tej zasady jest ogromna i może ona wyjaśnić, dlaczego widzisz wiele z tego, co chcesz zobaczyć, mimo że zazwyczaj o tym nie wiesz. Zasada energii swobodnej stara się zapewnić ujednoczone ramy, aby umieścić w nich istniejące teorie mózgu, w nadziei na zidentyfikowanie wspólnych tez poprzez ujednoczenie różnych perspektyw dotyczących funkcji mózgu, w tym percepcji, uczenia się i działania. Zasada ta wynika z faktu, że definiującą cechą systemów biologicznych jest to, że zachowują one swoje stany i formę w obliczu stale zmieniającego się środowiska. Z punktu widzenia mózgu środowisko obejmuje zarówno środowisko zewnętrzne, jak i wewnętrzne. Jest to zasadniczo matematyczne sformułowanie tego, jak mózg opiera się naturalnej tendencji do nieporządku. Aby to zrobić, mózg musi zminimalizować swoją swobodną energię. W tym sformułowaniu swobodna energia jest górną granicą zaskoczenia, co oznacza, że jeśli mózg zminimalizuje swobodną energię, to implicite zminimalizuje zaskoczenie. W tym przypadku zaskoczenie oznacza zdarzenie o niskim prawdopodobieństwie. Na przykład „opady śniegu w upalny letni dzień” byłyby zaskoczeniem. Zaskoczenie spowoduje nierównowagę informacyjną między otoczeniem a wewnętrznym modelem mózgu. Na przykład, w wewnętrznym modelu mózgu „opady śniegu w upalny letni dzień” są wysoce niemożliwe. Jeśli to zdarzenie wystąpi, występuje nierównowaga informacyjna i system nie jest stabilny. Widzimy tutaj, że model poznawczy obejmuje dwa aspekty: jeden to stan świata zewnętrznego uzyskany poprzez percepcję i działanie, a drugi to aktualizacja wewnętrznego modelu procesu poznawczego w mózgu. Ten wewnętrzny model stale przewiduje motywacje stojące za każdym zmysłem i leżące u ich podstaw przyszłe zmiany, podczas gdy samo zachowanie zmierza w kierunku rezultatów sprzyjających przetrwaniu. Celem uczenia się jest udoskonalenie modelu stanu wewnętrznego (predykcja jest trafna), a z drugiej strony uzyskanie większej ilości dowodów korzystnych dla przetrwania i podejmowania decyzji behawioralnych. Jeśli przewidywania modelu są błędne, decyzje behawioralne nie mogą prowadzić do prawidłowych rezultatów. Z kolei podjęcie działań w celu zmiany źródła informacji zużywa znacznie mniej energii niż aktualizacja modelu wewnętrznego. Wspomnieliśmy powyżej, że nasz organizm potrzebuje około 25% energii na zasilanie mózgu.

Przeciążenie informacyjne i ludzkie zaślepienie

W przeszłości, gdy źródła informacji były ograniczone z powodu braku technologii (np. internetu), podjęcie działań w celu zmiany źródła informacji mogło być niemożliwe, a aktualizacja modelu wewnętrznego była jedyną opcją. Obecnie, ze względu na popularność internetu i telefonów komórkowych, informacje są wszędzie, o wiele łatwiej jest zmienić źródło informacji niż model wewnętrzny mózgu. Dzisiaj, dzięki wszechobecności internetu i telefonów komórkowych, informacje są wszędzie. Mamy różne aplikacje na telefonach komórkowych, a Facebook subskrybuje dziesiątki, a nawet setki oficjalnych kont. Informacje są nam napływają niczym powódź bestii, przytłaczając nas. Wraz z rozwojem nauki i technologii cykl podwajania się informacji uległ skróceniu, a ich ilość wzrosła geometrycznie. Podaje się, że w ciągu ostatnich 30 lat ilość informacji wytwarzanych przez ludzi przekroczyła sumę informacji wytwarzanych w ciągu ostatnich 5000 lat. W erze eksplozji informacji, choć dostarcza nam ona mnóstwo wiedzy, niesie ze sobą również ogromny wpływ. Może wywoływać w nas niepokój, uniemożliwiać koncentrację na bieżących sprawach lub prowadzić do katastrofy informacyjnej spowodowanej nadmiarem informacji. Jak wspomnieliśmy wcześniej, nasi przodkowie wyewoluowali korę nową, aby przetwarzać więcej informacji niż inne zwierzęta. Jednak ta kora nowa, z której jesteśmy dumni, jest ewidentnie bezsilna w erze eksplozji informacji. Jak więc możemy

zwiększyć stabilność naszego mózgu? Najskuteczniejszym sposobem jest zmiana źródła informacji, ponieważ zmiana źródła informacji jest znacznie łatwiejsza niż zmiana wewnętrznego modelu mózgu. Zjawisko to zostało dobrze wykorzystane przez algorytm rekomendacji oparty na „Feed”, który przeniknął do niemal wszystkich produktów internetowych, np. TikToka, przeglądark, aplikacji fotograficznych itp. Produkty te gromadzą historię przeglądania, polubienia, tweety i komentarze. Następnie mogą wyprowadzić wewnętrzny model mózgu. Na przykład, ważny post na Facebooku głosił: „Celem News Feeda jest pokazywanie ludziom historii, które są dla nich najbardziej istotne”. Jeśli masz doświadczenie w przeglądaniu teorii spiskowych na temat szczepionek lub lubisz tweety związane z teoriami spiskowymi na temat szczepionek, program komputerowy wywnioskuje, że w Twoim wewnętrznym modelu mózgu wierzysz w teorie spiskowe na temat szczepionek. I zarekomenduje Ci więcej informacji na ten temat. W ten sposób, ponieważ nie występuje nierównowaga informacji między źródłem informacji a Twoim modelem wewnętrznym, nie czeka Cię wiele niespodzianek i poczujesz się szczęśliwy. Jednym z rezultatów stosowania algorytmów rekomendacji opartych na kanałach informacyjnych jest utworzenie „kokonu informacyjnego”, koncepcji zaproponowanej przez Cassa R. Sunsteina, profesora Harvard Law School, który w 2006 roku napisał książkę „Infotopia: How Many Minds Produce”. Termin ten wskazuje na zjawisko panujące we współczesnym Internecie: w obliczu licznych informacji online ludzie widzą tylko to, co chcą zobaczyć, a algorytm wybiera dla nich preferowane informacje, co ostatecznie zawęża ich horyzont, niczym jedwabnik budujący kokon dla siebie. Już w XIX wieku zaproponowano koncepcję „kokonu informacyjnego”. Francuski myśliciel Alexis de Tocqueville odkrył, że społeczeństwa demokratyczne są z natury podatne na kształtowanie się indywidualizmu, który będzie się rozprzestrzeniał wraz z rosnącą równością statusu. Według Sunsteina, Internet konstruuje „wszechświat komunikacji, w którym słyszymy tylko to, co sami wybierzemy i co nas pocieszy”. W swojej książce powołał się na prace profesora MIT Icholasa Negroponte, który „przepowiedział pojawienie się »Daily Me«, całkowicie spersonalizowanej gazety, w której każdy z nas mógłby wybierać... perspektywy, które mu odpowiadają”. Mówiąc wprost, oznacza to, że ludzie będą podążać tylko za tym, co ich interesuje, co w dłuższej perspektywie zawęzi ich horyzonty. Dla niektórych członków społeczeństwa jest to realna szansa, ale także ryzyko, niekiedy z niefortunnymi konsekwencjami dla biznesu i społeczeństwa. Sunstein obrazowo opisał zjawisko „dziennika osobistego” w swoich pismach. W erze Internetu, wraz z rozwojem technologii sieciowych i szybkim wzrostem ilości informacji w sieci, możemy swobodnie wybierać tematy, na które zwracamy uwagę spośród ogromnej ilości informacji. Jednocześnie gazety i czasopisma można dostosowywać do własnych preferencji, a każdy ma możliwość stworzenia własnego, osobistego dziennika. Ten sposób doboru informacji, przypominający „osobisty dziennik”, może prowadzić do tworzenia kokonów sieciowych. Kiedy jednostka jest uwięziona w kokonie informacyjnym, który budowała przez długi czas, jej życie osobiste z czasem staje się pewnego rodzaju stereotypem i programem. Przez długi czas byłem w stanie nadmiernej autoselekcji, pogrążony w satysfakcji płynącej z mojego osobistego raportu dziennego, i utraciłem zdolność rozumienia różnych rzeczy oraz możliwość kontaktu, i nieświadomie stworzyłem dla siebie kokon informacyjny. Kokon informacyjny to tylko efekt pośredni. Będzie miał złożony i dalekosiężny wpływ na wiele aspektów związanych z polityką informacyjną, demokracją, gospodarką, rozrywką, stylem życia itd. Życie w „kokonie informacyjnym” uniemożliwia społeczeństwu przemyślenie, ponieważ jego własne uprzedzenia stopniowo się zakorzeniają. Grupy społeczne są podzielone. Taka ciasnota umysłowa przyniesie rozmaite nieporozumienia i uprzedzenia. Właśnie dlatego, że wiadomości są swobodnie dostępne, społeczeństwo musi dokonywać wyborów w obliczu niezliczonej ilości wiadomości. Jeśli każdy wybiera tylko wiadomości, które chce oglądać, zgodnie z własnymi upodobaniami, to światopogląd każdego jest tylko tym, co chce widzieć, a nie tym, jaki powinien być świat. Długotrwałe życie w kokonie informacyjnym może łatwo prowadzić do niezdrowej psychiki, takiej jak ślepa pewność siebie i ciasnota umysłu. W swoim sposobie myślenia nieuchronnie uznaje on własne uprzedzenia za

prawdę, odrzucając w ten sposób ingerencję innych, racjonalnych punktów widzenia. W szczególności, po uzyskaniu aprobaty „sojuszu”, ewoluuje w kierunku skrajnych myśli. To skrajne myślenie koncentruje się na wyrażaniu idei w kontekście otaczającej rzeczywistości. Co więcej, gdy osobiste żądania nie mogą zostać spełnione lub sytuacja nie rozwija się zgodnie z oczekiwaniami, jednostka podejmuje skrajne zachowania w życiu osobistym, takie jak morderstwo i samobójstwo. Takie paranoiczne myślenie i rozumienie bezpośrednio prowadzi do pojawienia się skrajnych zachowań. Przed eksplozją informacji w erze internetu, unikalna struktura neokorteksu w naszym mózgu pozwala nam radzić sobie z przepływem informacji sprawniej niż jakiegokolwiek inne zwierzę. Chociaż internet pod pewnymi względami ułatwił nam życie, nadmierna ilość informacji w erze postinternetowej powoduje problem przeciążenia informacyjnego, co utrudnia podejmowanie decyzji i może prowadzić do obciążenia fizycznego i psychicznego. W internecie pojawia się coraz więcej fałszywych informacji, które mają znaczący wpływ na biznes i społeczeństwo, wpływając na przekonania i decyzje ludzi. Najwyraźniej potrzebujemy nowej struktury w mózgu (być może np. neokory mózgowej), aby poradzić sobie z nadmiarem informacji w nowym środowisku postinternetowym. Jednak nasza ewolucja przebiega znacznie wolniej niż zmiany w środowisku. Dlatego Stephen Hawking był pesymistą: „Ludzie, ograniczeni powolną ewolucją biologiczną, nie byłiby w stanie konkurować i zostaliby wyparci”.