

RUSSELL A. POLDRACK

NAUKA CZYTANIA W MYŚLACH

Co neuroobrazowanie może
powiedzieć o naszych umysłach?

Tłumaczenie: Mateusz Hohol i Kinga Wołoszyn

Neuronauka podejmowania decyzji

Obrazując mózgowy przycisk „kupuj”

W 2013 roku Angelina Jolie ogłosiła w *New York Timesie*, że zdecydowała się na podwójną mastektomię, mimo że nie chorowała na raka. Dokonała tego wyboru ze względu na rodzinną historię występowania raka piersi (jej matka zachorowała na tę chorobę po czterdziestce i zmarła na nią w wieku 56 lat) oraz ponieważ jest nosicielką mutacji w określonym genie (BRCA1), która naraża ją na wysokie ryzyko wystąpienia raka piersi. Jej lekarze oszacowali, że miała 87% szans na rozwinięcie się choroby w pewnym momencie swojego życia. Z drugiej strony operacja wiąże się z niewielkim ryzykiem zgonu (mniej niż 1%), a także możliwe są komplikacje, które mogą obniżyć jakość życia. Co byś zrobił w tej sytuacji?

Każdego dnia dokonujemy tysięcy wyborów. Niektóre z nich nie niosą za sobą istotnych konsekwencji – czy powinienem dziś rano zjeść na śniadanie jogurt, czy jajka? Inne nie są zbyt ważne na krótką metę, ale mogą mieć określone konsekwencje na dłuższą metę – czy mam pójść do mojego biura na trzecim piętrze schodami, czy pojechać windą? Inne zmieniają życie, jak decyzja Jolie o poddaniu się teraz poważnej operacji, aby uniknąć niepewnego ryzyka choroby w przyszłości. Przez wiele lat to, jak dokonujemy tych wyborów, było badane przez ekonomistów

i psychologów, którzy opracowali wyrafinowane teorie, opisujące wiele aspektów tego, jak podejmujemy decyzje. W ciągu ostatnich dwóch dekad pojawiła się nowa dziedzina zwana *neuroekonomią*, która próbuje opisać, w jaki sposób mózg podejmuje te decyzje, a neuroobrazowanie odegrało kluczową rolę w rozwoju tej nowej dziedziny.

Dlaczego wybieramy to, co wybieramy?

Powiedzmy, że dałbym ci szansę 50/50 na wygraną 25 dolarów lub oddanie 13 dolarów – czy skorzystałbyś z tej szansy? Większość badań nad tym, jak podejmujemy decyzje, dotyczyła tego rodzaju decyzji ekonomicznych, ponieważ stosunkowo łatwo je badać w laboratorium i ponieważ są one tak ważne w naszym codziennym życiu we współczesnym społeczeństwie. Pierwszym aspektem wyboru ekonomicznego jest wartość oferowanych przedmiotów (co nazywamy perspektywą). „Wartość” jest jednym z tych terminów, których znaczenie wszyscy intuicyjnie znamy, ale dostarczenie formalnej definicji od dawna stanowiło ogromne wyzwanie. Nie mamy na myśli wartości liczbowej ani ceny, a raczej to, jak dużej korzyści dla siebie oczekujesz z danego przedmiotu lub jak bardzo go chcesz, biorąc pod uwagę to, co już masz. Ekonomiści wymyślili termin „użyteczność”, aby opisać ukrytą ilość, która sprawia, że pragniemy niektórych rzeczy bardziej niż innych. Zwykle zakładają, że chociaż nie możemy bezpośrednio zmierzyć tej użyteczności, możemy wywnioskować ją na podstawie wyborów, których dokonuje dana osoba. Jeśli na śniadanie wybiorę jogurt zamiast jajek, oznacza to, że jogurt ma dla mnie większą użyteczność niż jajka. Jeśli jestem racjonalnym decydem, to zawsze powinienem wybierać wy-

nik, który ma wyższą użyteczność, ponieważ to w teorii powinno mnie najbardziej satysfakcjonować.

Innym istotnym aspektem wyboru jest prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z wyników. Prawdopodobnie chciałbyś mieć szansę na wygranie nowego samochodu, ale będziesz o wiele bardziej podekscytowany pięćdziesięcioprocentową szansą niż szansą wygrania jedną na milion. Możemy zestawić prawdopodobieństwo i wartość nominalną, aby obliczyć „wartość oczekiwaną” – to znaczy ile przeciętnie oczekiwałbyś, że otrzymasz, gdybyś wielokrotnie podjął ryzyko. Weźmy na przykład koło ruletki. W prostym zakładzie kulka wyląduje na określonym polu, czego prawdopodobieństwo wynosi 1 do 38 na kole amerykańskiej ruletki. Oznacza to, że gdybyś grał wiele razy, spodziewałbyś się wygranej w około 2,6% przypadków. Jeśli wygrasz zakład, otrzymasz trzydziestopięciokrotność postawionej kwoty (plus zachowasz postawioną kwotę). Jeśli pomnożymy prawdopodobieństwo wygranej przez kwotę, którą można wygrać, obstawiając 100 dolarów, otrzymamy około 95 dolarów. Oznacza to, że gdybyś grał w ruletkę wiele razy, powinieneś spodziewać się, że zostaniesz z kwotą o 5% niższą ta, którą postawiłeś. Fakt, że gry kasynowe są skonstruowane tak, żeby nie sprzyjać graczowi, nie powinien nikogo dziwić – dlaczego więc ludzie tak tłocznie gromadzą się w kasynach?

Spostrzeżenie, że ludzie nie dokonują wyborów wyłącznie na podstawie oczekiwanej wartości, nie jest nowe i po raz pierwszy zostało omówione przez matematyka Daniela Bernoullego. Bernoullego szczególnie interesowało to, że często przyjemność płynąca z czegoś maleje wraz z ilością, którą już mamy. Możesz być skłonny zapłacić 2 dolary za batonik, ale prawdopodobnie nie chciałbyś zapłacić 20 dolarów za 10 z nich. Ta idea, że użyteczność

maleje, im więcej czegoś mamy, może wyjaśnić niektóre sposoby, w jakie ludzie wydają się irracjonalni. Powiedzmy na przykład, że jakiś szczególnie hojny miliarder daje ci wybór między dwiema opcjami: szansą 50/50 na wygranę 10 milionów dolarów lub pewnością otrzymania 2 milionów. Niewielu z nas przedłożyłoby niepewny zakład nad pewnymi 2 milionami dolarów, mimo że oczekiwana wartość zakładu (5 milionów dolarów) jest znacznie większa od pewnej alternatywy. Wyjaśnienie Bernoullego byłoby takie, że wraz ze wzrostem ilości pieniędzy ilość dodatkowej przyjemności (lub „użyteczności”), którą mamy z każdego dolara, maleje tak, że różnica w przyjemności między niczym a 2 milionami dolarów jest większa niż różnica między 2 a 10 milionami dolarów. A jednak czasami użyteczność może spadać wraz z większą ilością pieniędzy – jak wyjaśnia artysta hip-hopowy The Notorious BIG: „To jak, na im więcej pieniędzy trafiamy, więcej problemów dostrzegamy”¹.

Głębsze zrozumienie tego, jak ludzie często zachowują się irracjonalnie, pojawiło się dopiero wraz z badaniami prowadzonymi przez psychologów Daniela Kahnemana i Amosa Tversky’ego². Kahneman i Tversky zademonstrowali wiele nowych sposobów, w jakie ludzkie zachowanie jest sprzeczne z ekonomiczną koncepcją racjonalności, i opracowali teorię (zwaną *teorią perspektywy*), która pozostaje jedną z najpotężniejszych teorii w badaniach podejmowania decyzji. Kahneman otrzymał za tę pracę Nagrodę Nobla w dziedzinie ekonomii w 2002 roku. Tversky również zostałby laureatem, gdyby nie zmarł na czerniaka w 1996 roku w wieku 59 lat. Teoria perspektywy przyjmuje ideę oczekiwanej użyteczności, ale wnosi kilka elementów, z których dwa są istotne dla naszej dyskusji. Po pierwsze, Kahneman i Tversky wskazali, że psychologiczny wpływ straty jest większy niż wpływ tej samej wysokości zysku;

utrata 20 dolarów boli bardziej niż zysk w postaci 20 dolarów. Zjawisko to nazwali „awersją do straty”. To wyjaśniamy, dlaczego większość z nas nie zaakceptowałaby zakładu, który oferowałby szansę 50/50 na albo wygranie 12 dolarów, albo stratę 10. Chociaż oczekiwana wartość zakładu jest dodatnia, wpływ straty jest większy w porównaniu z zyskiem, około dwukrotnie dla przeciętnego człowieka. Po drugie, wykazali, że ludzie często będą zachowywać się różnie w zależności od tego, jak obramowany [tj. ujęty werbalnie – przyp. tłum.] jest wybór. Gdy wynik opisany jest w kategoriach uniknięcia straty, ludzie są bardziej skłonni do podejmowania ryzyka w porównaniu z tym samym wynikiem opisanym w kategoriach zysku. Teoria ta wywarła ogromny wpływ na ekonomię i psychologię, a także, jak wkrótce zobaczymy, na neuronaukę.

Neuronauka wyborów

Łatwość, z jaką dokonujemy wyborów w naszym codziennym życiu, przeczy niewiarygodnej złożoności obliczeń, które nasz mózg musi przeprowadzić, aby dokonać tych wyborów. Jednak szybkie spojrzenie na problemy w podejmowaniu decyzji, które pojawiają się wraz z uszkodzeniami mózgu, pokazuje, jak delikatna jest ta maszyna. Jedną z najtragiczniejszych chorób wpływających na podejmowanie decyzji jest otępienie czołowo-skroniowe (FTD; *frontotemporal dementia*), zwyrodnieniowa choroba mózgu, która w pewnych przypadkach może stopniowo w miarę postępu choroby prowadzić do podejmowania strasznych decyzji i która zazwyczaj pojawia się znacznie wcześniej niż choroba Alzheimera, często po czterdziestce lub pięćdziesiątce. Doktor Bruce Miller z Uniwersytetu

Kalifornijskiego w San Francisco przez wiele lat badał FTD i zgromadził długą listę historii przypadków, pokazujących, jak bardzo FTD może wpływać na podejmowanie decyzji, takich jak ta:

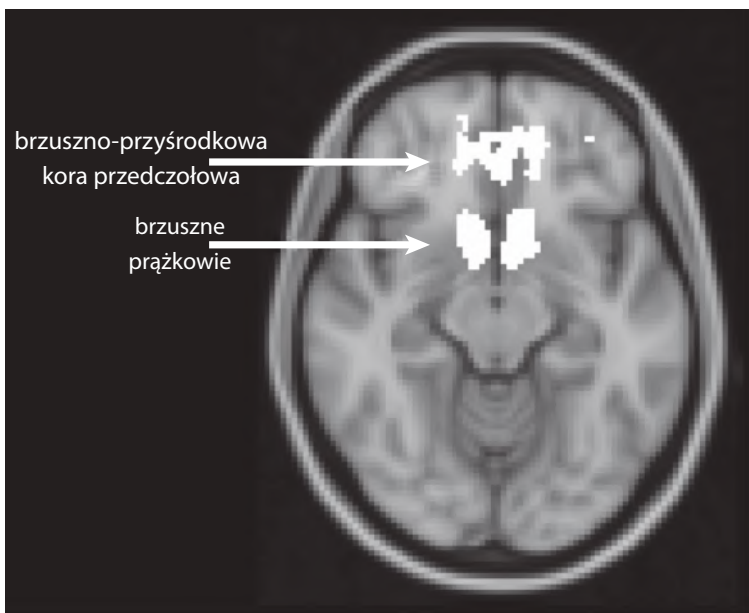
Jej mąż zauważa, że w ciągu ostatnich 2 lat wykazuje ona zwiększoną tendencję do podejmowania ryzyka. Ma wiele mandatów za nieostrożną jazdę, w tym za niezatrzymanie się na znakach stopu i cofanie się na ulicy jednokierunkowej zamiast wybrania objazdu. W dwa lata uzbierało się tyle kar, że obecnie nie są w stanie zmienić jej ubezpieczenia ze względu na nadmierną liczbę mandatów. Według relacji męża straci prawo jazdy, jeśli dostanie jeszcze jeden mandat. Inne ryzykowne zachowania zaobserwowano kilka miesięcy temu podczas wyprawy na kemping, kiedy nalegała na eksplorację wodospadu, który był poza zasięgiem. Kiedy jej mąż wyjaśnił, że jest to zbyt niebezpieczne z powodu nieprzewidywalnych fal i ryzyka utonięcia, dalej mówiła o wodospadzie i pewnego ranka poszła zbadać go, nie mówiąc mu o tym. Skończyło się na tym, że podczas spaceru poważnie się zraniła. Pacjentka wykazuje niewielki wgląd w zmiany behawioralne. Pacjentka ta została następnie zatrzymana przez policję po incydencie z kradzieżą w sklepie, a ponieważ nie była w stanie komunikować się ani postępować zgodnie z instrukcjami, wylądowała na ziemi w kajdankach³.

Wybory, które badamy w laboratorium, rzadko mają tak daleko idące konsekwencje jak te, ale dają nam wgląd w mózgową maszynę podejmowania decyzji. Przykład pochodzi z badania, które Sabrina Tom przeprowadziła w moim laboratorium we współpracy z Craigiem Foxem, profesorem w szkole biznesu na Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles (opisałem ten eksperyment krótko

w rozdziale 3)⁴. Chcieliśmy zbadać, w jaki sposób mózg dokonuje obliczeń w przypadku prostych wyborów, takich jak szansa 50/50 na wygraną lub stratę pieniędzy, które opisałem w poprzedniej sekcji, i sprawdzić, czy możemy zobaczyć w mózgu dowody na rzecz teorii perspektywy. Zaprosiliśmy 16 ochotników do skanera MRI i przedstawiliśmy im dużą liczbę zakładów, w których mogli wygrać pewną kwotę lub stracić inną kwotę z szansą 50/50. Kwota, jaką mogliby wygrać w każdym przypadku, wahała się od 10 do 40 dolarów, a kwota, którą mogli stracić, wahała się od 5 do 20 dolarów. W każdej próbie prezentowano im jeden z tych zakładów i pytano, czy zdecydują się podjąć ryzyko. Zawsze istnieje obawa o to, czy ludzie w takich sytuacjach powiedzą prawdę, więc zastosowaliśmy coś w rodzaju ekonomicznego serum prawdy. Po tym, jak badani zakończyli eksperyment i wyszli ze skanera MRI, losowo wybraliśmy trzy z zakładów, z którymi mieli do czynienia podczas procedury neuroobrazowania, i sprawdziliśmy, czy powiedzieli, że podejmą ryzyko. Jeśli powiedzieli tak, rzuciliśmy monetą i graliśmy o prawdziwe pieniądze. Aby wyglądało to jeszcze bardziej realnie, na tydzień przed badaniem daliśmy uczestnikom 30 dolarów w gotówce, a następnie poprosiliśmy, aby na badanie przynieśli ze sobą 60 dolarów w gotówce, którymi będą posługiwać się podczas procedury w skanerze. W rzeczywistości nikt nie stracił więcej niż 30 dolarów, które im daliśmy (przeciętny badany wygrał 23 dolary), ale ta procedura sprawiła, że badani poczuli się, jakby naprawdę grali o własne pieniądze, i dała nam większą pewność, że widzimy realistyczne wzorce podejmowania decyzji w mózgu.

Kiedy przeanalizowaliśmy dane fMRI, odkryliśmy, że istnieją dwa obszary, które wykazywały wyraźny wzorzec reakcji na zyski i straty (zob. ryc. 7.1). Jeden z nich,

brzusznoprzyśrodkowa kora przedczołowa, znajduje się w dolnej („brzusznej”) i środkowej („przyśrodkowej”) części płata czołowego, tuż za grzbietem nosa. Drugi, *brzuszne prążkowie*, jest częścią zestawu systemów mózgowych znanych jako jądra podstawy, które znajdują się głęboko w mózgu. Oba te obszary są regionami, które zostały zidentyfikowane dzięki neuroobrazowaniu jako odgrywające kluczową rolę w podejmowaniu decyzji. W naszym badaniu, analizując aktywność mózgu próba po próbie, zauważyliśmy, że aktywność w tych obszarach rosła wraz ze wzrostem kwoty, którą badany mógł wygrać, ale spa-



Rycina 7.1. Wyniki naszego badania nad decyzjami hazardowymi z 2007 roku, pokazujące (na biało) regiony w obrębie brzuszno-przyśrodkowej kory przedczołowej i brzuszno-prążkowia. Obszary te wykazywały reakcje na rosnące zyski i malejące straty.

dała, gdy wzrastała kwota, którą podmiot mógł stracić. Jednym z naszych głównych celów było zbadanie związku między reakcją mózgu na zyski oraz na straty i tutaj udało nam się ustalić bezpośredni związek między przewidywaniami teorii perspektywy a aktywnością mózgu. W szczególności teoria perspektywy przewiduje, że straty bolą bardziej niż zyski cieszą. W obu tych obszarach widzieliśmy, że spadek aktywności wraz ze wzrostem wielkości strat był gwałtowniejszy niż wzrost wraz z rosnącymi zyskami. Nazwaliśmy to „neuralną awersją do straty” przez analogię do koncepcji, którą rozwinęli Kahneman i Tversky w swoich badaniach behawioralnych.

Ostatnim, kluczowym aspektem był związek między aktywnością mózgu a zachowaniem u poszczególnych osób. Niektóre osoby biorące udział w badaniu były dość niechętne wobec możliwej straty (akceptowały zakład tylko wtedy, gdy mogły wygrać więcej niż pięciokrotność tego, co mogły przegrać), podczas gdy innym wystarczyło po prostu, aby kwota, którą mogą wygrać, była odrobinę większa niż potencjalna strata. Kiedy porównaliśmy to z aktywnością mózgu, zauważyliśmy, że różnica w reakcjach mózgu na straty w porównaniu do zysków odzwierciedlała wybory badanych, tak że ludzie, którzy byli bardziej niechętni stratom w swoich wyborach, mieli również większą różnicę mózgową między reakcją na zyski i straty. Badanie to dostarczyło pierwszych bezpośrednich dowodów neuronaukowych na korzyść teorii perspektywy.

W nauce, zanim naprawdę uwierzemy w wynik, ważna jest replikacja, a jest to szczególnie istotne w tym badaniu, w którym uczestniczyło 16 osób, jeśli weźmie się pod uwagę obawy dotyczące małych próbek, które omówiłem w rozdziale 6. Na szczęście związek między neuralną i behawioralną niechęcią do strat został zreplikowany przez grupę

włoskich badaczy⁵. Jednak potwierdzenie innego z wyników naszego badania nie wypadło równie dobrze. Pamiętaj, że znaleźliśmy kilka obszarów w mózgu, których aktywność zmniejszała się wraz ze wzrostem strat. Byliśmy również bardzo zainteresowani próbą odnalezienia obszarów, których aktywność rosłaby wraz z większymi stratami, ponieważ wielu badaczy sugerowało, że myślenie o stratach powinno pobudzać układy mózgowo zaangażowane w strach lub awersję. Gdy szukaliśmy regionów, których aktywność szłaby w górę z większymi stratami, nic nie znaleźliśmy. Szczególnie intensywnie przyglądaliśmy się ciału migdałowatemu, które zdaniem wielu badaczy powinno być zaangażowane ze względu na jego znany od dawna związek ze strachem i negatywnymi emocjami (wspomniany w rozdziale 1 i omówiony dalej w rozdziale 8), ale nawet szukając niezwykle drobiazgowo, nic nie widzieliśmy. Kolejne badania wykazały, że prawdopodobnie się myliliśmy, przeoczyliśmy sygnał ze względu na brak mocy statystycznej wynikający z małej liczebności próby. Włoska grupa odkryła, że aktywność ciała migdałowatego rzeczywiście wzrastała, gdy ludzie napotykali większe straty, a inne badania przeprowadzone przez Benedetta De Martino i jego kolegów z Caltech wykazały, że osoby z uszkodzeniem ciała migdałowatego – te same, które opisano w rozdziale 1, nie doświadczające strachu – nie wykazywały również takiego samego poziomu awersji do straty, jak osoby zdrowe. Myślę, że jest to świetny przykład tego, jak wyniki pojedynczych badań mogą okazać się prawdziwe lub błędne, ale ogólnie nauka z czasem dociera do prawdy.