POŻYTEK Z NEUROEKONOMII

Michał Krawczyk*
Uniwersytet Warszawski

Streszczenie: *Artykuł wprowadza pokrótce w metody, wyniki i problemy nowej interdyscyplinarnej dziedziny nauki, jaką jest neuroekonomia oraz jej pochodne. Nacisk położony jest na praktyczne pożytki, jakie mogą wynieść z niej ekonomiści. Dotyczą one przede wszystkim wytyczania obiecujących kierunków badań oraz dostarczania doskonalszych narzędzi dających nadzieję na możliwość bezpośredniego obserwowania preferencji. Autor omawia także metodologiczne i etyczne wyzwania stojące przed neuroekonomią.*

Słowa kluczowe: *neuroekonomia, neuromarketing, neuroetyka.*

THE BENEFITS OF NEUROECONOMICS

Abstract: *This paper serves as a brief introduction into the methods, results and problems of the new interdisciplinary field of neuroecomics (and its relatives). The focus is on the practical benefits that may result from it for the economic profession. These primarily involve the possibility of setting new promising research directions and providing novel tools raising hopes of enabling direct observation of human preference. The author also discusses methodological and ethical challenges that neuroeconomics is or will soon be facing.*

Keywords: *neuroeconomics, neuromarketing, neuroethics.*

* Michał Krawczyk, Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Długa 44/50, 00-241 Warszawa, mkrawczyk@wne.uw.edu.pl. Redaktorowi wydania, dr. Marcinowi Malawskiemu, a zwłaszcza anonimowemu Recenzentowi dziękuję za cenne uwagi. Wszelkie pozostałe błędy i przeoczenia pozostają wyłącznie moją odpowiedzialnością.

Wprowadzenie

Choć ekonomia jest nauką poświęconą ludzkim decyzjom i ich skutkom, do niedawna ekonomiści zadziwiająco mało mieli do powiedzenia na temat tego, w jaki sposób decyzje te mogą być podejmowane. Oczywiście, chwila introspekcji wystarczy, aby dojść do wniosku, że tradycyjny *homo oeconomicus* nie może być trafnym opisowym modelem jednostki ludzkiej jako decydenta. Założenia o dobrze określonych, przechodnich, stabilnych preferencjach i nieograniczonych zasobach intelektualnych umożliwiających analizowanie wszystkich istotnych czynników mogą wydawać się nieco naiwne. Traktowane jednak zgodnie z regułą „*as if*" okazują się wystarczać do tworzenia całkiem przydatnych modeli zjawisk ekonomicznych. Nie wierząc zbytnio w deskryptywną trafność swoich modeli na poziomie jednostki, ekonomiści utwierdzali się w przekonaniu, że zaglądanie do czarnej skrzynki indywidualnego decydenta nie jest konieczne do budowania teorii wyższego rzędu.

W ostatnich dekadach to poczucie bezpieczeństwa i niezależności od dyscyplin zajmujących się *procesami* podejmowania decyzji zostało poważnie naruszone przez ekonomię behawioralną. Zaproponowane zostały alternatywne modele podejmowania decyzji, wskazujące na systematyczne odstępstwa od klasycznego modelu. Oparte na obserwacjach z eksperymentów i wiedzy psychologicznej niekiedy potrafiły lepiej przewidywać zjawiska na poziomie zagregowanym. Najbardziej znany przykład tej tendencji to Teoria Perspektywy Kahnemana i Tversky'ego (1979, 1992).

Twierdzi się niebezzasadnie (Popper, 1959), że jedynym istotnym probierzem przydatności teorii, także ekonomicznej, jest dokładność jej przewidywań w interesujących nas domenach. W tym sensie trafność deskryptywna na poziomie jednostki jest jedynie dekoracyjnym, niewiele znaczącym dodatkiem. Może jednak okazać się bardzo przydatna jako kryterium selekcji teorii godnych dalszego zainteresowania. Z tego między innymi powodu niektórzy ekonomiści skłonni są pójść krok dalej (albo: niżej) i podjąć próbę zrozumienia procesów decyzyjnych na jeszcze bardziej podstawowym poziomie – nie tyle już psychologicznym, co fizjologicznym. Ten sposób myślenia przyczynił się do powstania nowej dziedziny nazwanej neuroekonomią. Drugim, zapewne kluczowym impulsem do narodzin neuroekonomii był szybki postęp w samej neuronauce. Czterdzieści lat temu mózg ludzki był istotnie *black box*; wiedza na jego temat opierała się przede wszystkim na obserwacjach chirurgów, mających zasadniczo do czynienia tylko z mózgami dotkniętymi poważnym schorzeniem czy urazem oraz mózgami nieboszczyków.

Pojawianie się od lat siedemdziesiątych kolejnych metod obrazowania – zwłaszcza pozytonowej emisyjnej tomografii komputerowej (PET), a potem funkcjonalne-

go rezonansu magnetycznego (fMRI) – po raz pierwszy umożliwiło badaczom bezpośrednie obserwowanie zdrowego, aktywnego mózgu.

Postępy w tej dziedzinie stanowią potencjalnie ekscytującą możliwość dla ekonomii – oznaczają obietnicę bezpośredniego obserwowania zakodowanych we wzorcach aktywności neuronów preferencji i wyborów.

Neuroekonomia daje także ekonomistom wyjątkową szansę opublikowania notki w czasopismach, których stuletnia z górą historia i astronomiczny *impact factor* dotąd budziły jedynie bezsilną zazdrość. Z drugiej strony, dla badacza o wykształceniu w zakresie nauk społecznych nauczenie się, że wodociąg Sylwiusza nie jest dziełem starożytnych Rzymian, a adenozynotrifosforanu nie dostaniemy w sklepie z chemią gospodarczą, wymaga ogromniej i wysoce ryzykownej inwestycji czasu i wysiłku.

Przystępne wprowadzenie w metody i ciekawsze wyniki bardzo młodej wówczas neuroekonomii otrzymali czytelnicy „Decyzji" w numerze 9 (2008), w tekście Tomasza Zaleśkiewicza. Trzy lata dla startującej z takim rozmachem dziedziny to jednak niemało, a i odmienny *background* autora pozwalał mu nieco inaczej spojrzeć na tę dziedzinę. Niniejszy tekst napisany jest z perspektywy ekonomisty i podchodzi do neuroekonomii nader pragmatycznie – staram się odpowiedzieć na pytanie, jakie konkretne pożytki mogą ekonomia i biznes wyciągnąć z jej dokonań i z jakimi zagrożeniami może się to wiązać. W początkowej części opisuję lub przypominam pokrótce główne metody analizy neuroekonomicznej i wybrane wnioski, jakie miałyby płynąć z niej dla ekonomistów. Kolejne sekcje artykułu poświęcono najważniejszym punktom krytyki podejścia neuroekonomicznego i, będącym częściową na nie odpowiedzią, praktycznym zastosowaniom, w szczególności neuromarketingowi. Zarysowuję także problemy etyczne, które stwarzają lub mogą stworzyć naukowe i komercyjne aplikacje neuroekonomii. Czytelników zainteresowanych poważnym studiowaniem neuroekonomii odsyłam do podręcznika pod redakcją Glimchera i innych (2008)[1] oraz przeglądowych artykułów, do których odwołania znajdują się w dalszej części tekstu. Warto także odwiedzić strony czołowych laboratoriów, m.in. w California Institute of Technology (przewodzi mu Antonio Rangel), New York University (Paul Glimcher), George Mason University (Kevin McCabe) czy Universität Zürich (Ernst Fehr).

[1] Prawie wszystkie rozdziały dostępne są za wiedzą i zgodą autorów w Internecie, co pozwala zaoszczędzić wydatku 54 dolarów i widoku różowej okładki książki.

2. Narzędzia neuroekonomii

Rdzeń metod neuroekonomii stanowią techniki obrazowania (skanowaniu) mózgu badanego podejmującego decyzje ekonomiczne. Są to generalnie metody bardzo skomplikowane i zaawansowane technicznie, stawiające wysokie wymagania badaczom zarówno na etapie przygotowywania planu badania, prowadzenia go, jak i analizy danych. Wynika to oczywiście także z faktu, że ich przedmiotem jest ludzki mózg – najbardziej złożona ze znanych nam struktur, licząca ok. stu miliardów komórek nerwowych, z których każda może łączyć się z kilkoma tysiącami innych. Szczegółowe wprowadzenie w tematykę skanowania neurologicznego można znaleźć w książce (Cabeza i Kingstone, 2006). Zainteresowany czytelnik niemający przygotowania medycznego ani biologicznego powinien najpierw przestudiować pozycje dotyczące budowy i funkcjonowania układu nerwowego człowieka, np. (Rosenzweig i in., 2010).

Historycznie pierwszą metodą pozwalającą bez fatalnych skutków „zajrzeć" do żywego mózgu był elektroencefalograf (EEG), mierzący zmiany napięcia na powierzchni czaszki. Ponieważ sygnały wysyłane przez komórki nerwowe mają (przede wszystkim) charakter elektryczny, metoda ta pozwala obserwować aktywność poszczególnych obszarów mózgu. Do jej zalet należą: względna prostota, niski koszt i nieinwazyjność, a także doskonała rozdzielczość (precyzja) czasowa (ang. *temporal resolution*). Podstawową wadą jest to, że za jej pomocą możemy coś powiedzieć jedynie na temat aktywności wierzchniej części kory mózgowej, w bezpośrednim sąsiedztwie czaszki (a i to mamy słabą rozdzielczość lokalizacyjną, *spatial resolution*).

Aby pokonać tę trudność, rozwinięto nowe metody. Pozytonowa tomografia emisyjna (PET) polega na wprowadzeniu do krwiobiegu badanego substancji radioaktywnej, która, ulegając rozpadowi, wysyła możliwe do zarejestrowania promieniowanie gamma. Ponieważ aktywność neuronów wymaga zwiększonego przepływu krwi, metoda pozwala z pewnym przybliżeniem ją zlokalizować.

Funkcjonalny rezonans magnetyczny (fMRI) także mierzy aktywność mózgu pośrednio, badając przepływ krwi, z tym że w odróżnieniu od PET opiera się na obserwowaniu zmian zachowania pola magnetycznego związanego ze zróżnicowaniem poziomu tlenu we krwi wynikającym z działalności komórek nerwowych (tzw. *BOLD signal*). Badawcze zastosowania zarówno PET, jak i fMRI wykorzystują najczęściej skanery zakupione dla celów klinicznych przez specjalistyczne szpitale – ceny tych maszyn wyrażają się w milionach dolarów.

Warto podkreślić, że zasadniczo wszystkie neurony w mózgu żywego organizmu są stale czynne, wysyłając sygnały elektryczne do (tysięcy) swoich sąsiadów.

Przedmiotem badania są jedynie *zmiany* poziomu aktywności (częstości wysyłania sygnałów) wynikające z manipulacji zmiennych eksperymentalnych.

W porównaniu z EEG obie metody (zwłaszcza PET) mają słabszą rozdzielczość czasową (wynika to głównie z opóźnienia, z jakim przepływ krwi reaguje na aktywność neuronów), ale pozwalają zajrzeć w głąb mózgu i precyzyjniej zlokalizować różnice w jego aktywności. fMRI jest obecnie najczęściej stosowaną techniką.

Stosunkowo nową metodą jest przezczaszkowa stymulacja magnetyczna (ang. *transcranial magnetic stimulation*, TMS), polegająca na pobudzaniu lub „schładzaniu" neuronów przez przyłożenie do głowy badanego silnego magnesu. Zaletą TMS jest to, że umożliwia aktywną manipulację działalności komórek nerwowych. Przykładowo, możemy badać wpływ chwilowego „wyłączenia" pewnego obszaru mózgu na zachowanie badanego. W tym sensie metoda jest niewinną wersją wykorzystywanego głównie w pionierskiej fazie badań neurologicznych badania stosunkowo nielicznych pacjentów, którzy doznali istotnych, zlokalizowanych, ale nie upośledzających głównych funkcji życiowych uszkodzeń mózgu[2]. Możliwe jest także bezpośrednie stymulowanie poszczególnych neuronów za pośrednictwem podłączonych do nich elektrod. Ze względu jednak na znaczną inwazyjność tej metody może być ona wykorzystywana wyłącznie w badaniach na zwierzętach.

Do neuroekonomii wlicza się również niektóre badania dotyczące wpływu aplikowanych uczestnikom eksperymentu hormonów oraz substancji psychoaktywnych na zachowania ekonomiczne, a także badania obejmujące mierzenie reakcji fizjologicznych.

3. Przykładowe wnioski z badań neuroekonomicznych

Jedną z podstawowych lekcji, jakie ekonomista można wywieść z badań neurologicznych, jest ta, że traktowanie ludzkich zachowań jako efektu świadomie podejmowanych decyzji jest nietrafne. W istocie przytłaczająca większość aktywności neuronalnej związana jest z procesami nieuświadomionymi, których efekty samemu zainteresowanemu trudno byłoby „logicznie" wyjaśnić. Dodatkowo nawet tam, gdzie mamy do czynienia z „decyzjami", są one często podejmowane na podstawie emocji, których podstawowe mechanizmy nie różnią się od tych występujących

[2] Najsłynniejszym przypadkiem tego rodzaju był niejaki Phineas Gage, robotnik na kolei, który dość nieoczekiwanie przeżył wybuch, w wyniku którego jego czaszkę i mózg przeszył sześciokilogramowy żelazny pręt. W następstwie wypadku pacjent miał doznać poważnej zmiany osobowościowej, stając się tym samym ważnym źródłem inspiracji wczesnych rozważań na temat funkcjonalnej lokalizacji mózgu.

w świecie zwierząt, a nie kalkulacji. Rzuca to światło na tak liczne przypadki ewidentnie suboptymalnych zachowań konsumentów, pracowników itd.

Jednym ze skutków jest to, że neuroekonomia każe ekonomistom przemyśleć stosowane przez nich pojęcie dobrobytu. Dobrym przykładem jest problem uwzględniania preferencji osób uzależnionych. Badania neurologiczne pozwalają odkryć sposoby, w jakie substancje psychoaktywne, w tym narkotyki, zaburzają poprawne funkcjonowanie mózgu, np. blokując wychwytywanie nadmiaru dopaminy[3], przez co uzależniony postrzega konsumpcję narkotyku jako wysoce nagradzającą. Bernheim i Rangel (2004) proponują ekonomiczny model uzależnienia, który potrafi wyjaśnić wiele zachowań, których *homo oeconomicus* nigdy by się nie dopuścił (popadanie w nałóg i liczne próby rzucania go, kończące się ponownym upadkiem, subiektywne poczucie stałego podejmowania błędnych decyzji, aplikowanie narkotyku mimo deklarowanego braku przyjemności z jego konsumpcji, dobrowolne poddawanie się zewnętrznemu przymusowi…). Wyraziste (i, w tym wypadku, dramatyczne) rozróżnienie pomiędzy użytecznością decyzyjną (kierującą wyborami) a doświadczaną sugeruje, że obiektem kalkulacji dobrobytu powinna być właśnie ta druga.

Innym pożytkiem z neuroekonomii wydaje się być podważenie niektórych nazbyt ogólnych konstruktów zasiedlających modele ekonomiczne. Dobrym przykładem jest stopa preferencji czasowej, która według niektórych koncepcji makroekonomicznych determinuje realną stopę procentową w gospodarce. Ekonomiści zakładają zwykle, że użyteczność w różnych okresach jest dyskontowana w taki sam sposób, niezależnie od dziedziny, której rzecz dotyczy. Spodziewają się zatem, że ktoś pilnie oszczędzający na starość będzie także przestrzegał diety i mył zęby po każdym posiłku. Tymczasem badania neuroekonomiczne sugerują, że za te zacne postępki odpowiadają inne obszary mózgu i osoba skłonna ulegać pokusie trzeciej dokładki albo szóstego piwa może być punktualna, rozsądnie zarządzać swoim funduszem emerytalnym itd. Z modelu wynika także, iż wybór pomiędzy kwotą x w okresie t oraz kwotą $x + \varepsilon$ w okresie $t + 1$ nie zależy od tego, w której chwili $t_d \leq t$ go dokonujemy. Tymczasem badania empiryczne (zob. Frederick i inni, 2002) sugerują, że większość osób ma silną preferencję dla natychmiastowej gratyfikacji, potrafi natomiast wykazać się cierpliwością, gdy obie dostępne opcje dotyczą odległej przyszłości. Zaproponowano w tym kontekście model quasi-hiperboliczny, w którym, obok „tradycyjnej" stopy dyskontowej (δ) aplikowanej w każdym okresie, dodatkowo wszystkie wypłaty *poza natychmiastową* są dyskontowane drugą stopą, zwykle oznaczaną jako β. Co ciekawe, McClure i inni (2004) byli w stanie znaleźć korelaty tych dwóch odrębnych mechanizmów dyskontowania: wszystkie wybory

[3] Zwana w literaturze popularnej „hormonem szczęścia" dopomina jest neuroprzekaźnikiem, który pełni ważną rolę w procesach kodowania nagród i uczenia się.

pomiędzy mniejszą, wcześniejszą wypłatą a większą, lecz opóźnioną aktywowały korę przedczołową boczną (*lateral prefrontal cortex*) i korę ciemieniową tylną (*posterior parietal cortex*). Natomiast leżące głębiej pod powierzchnią czaszki i ewolucyjnie wcześniejsze elementy układu dopaminergicznego aktywowane były wyłącznie przez wybory, w których jedna z wypłat była natychmiastowa. W niedawnym badaniu wykorzystującym technikę TMS Figner i inni (2010) zdołali selektywnie wpływać na proces dyskontowania przyszłych wypłat, zakłócając aktywność (lewej) kory przedczołowej bocznej.

Innym szeroko badanym problemem jest zagadnienie podejmowania decyzji w warunkach ryzyka (zob. Platt i Huettel, 2008). Badacze są w stanie np. zidentyfikować obszary (w tym korę ciemieniową tylną), które wydają się uczestniczyć w kodowaniu prawdopodobieństw niepewnych wypłat i obliczaniu oczekiwanej użyteczności, czy przewidywać wybory bezpieczne na podstawie zwiększonej aktywacji wyspy (*insula*). Co interesujące, badania te rzucają pewne światło na spór o deskryptywną wiarygodność teorii perspektywy Tversky'ego i Kahnemana jako alternatywy do standardowej teorii oczekiwanej użyteczności. Otóż niektóre z nich (Tom i in., 2007) sugerują, że zgodnie z postulatem awersji do straty perspektywa strat finansowych ma silniejszy wpływ na aktywację komórek nerwowych niż perspektywa analogicznych zysków. Hipotezę potwierdzają także wyniki Caplina i in. (2010). To, czy zyski i straty są odzwierciedlane przez dokładnie te same obszary mózgu, jest przedmiotem kontrowersji i intensywnych badań (np. Seymour i inni, 2007).

Badania neuroekonomiczne potrafią także wskazać metody chemicznej manipulacji zachowań w grach. Przykładowo, Kosfeld i inni (2005) oraz Zak i inni (2005) dowiedli, że podanie oksytocyny (hormonu wiązanego wcześniej przede wszystkim ze skurczami macicy w czasie akcji porodowej oraz laktacją) podnosi poziom zaufania i spolegliwość (w sensie Kotarbińskiego) w interakcjach (zob. Zak i Kugler, 2011).

Mniej oczywiste są korzyści płynące ze współpracy z ekonomistami dla neurologów. Niemniej jednak jednoznaczne przewidywania teorii ekonomicznych stanowią ważną inspirację planów badawczych (np. Shizgal, 1997). Sposób myślenia o sposobie, w jaki mózg koordynuje i zarządza pracą rozmaitych systemów, także w pewnej mierze inspirowany jest teorią firmy (por. Sanfey i in., 2006).

4. Krytyka neuroekonomii

Wielu ekonomistów wątpi w użyteczność neuroekonomii dla rozwoju ich dyscypliny (zob. np. Harrison, 2008) W najbardziej trywialnej postaci zarzut brzmi tak,

że neuroekonomia, jak niegdyś frenologia, zainteresowana jest jedynie tym, „gdzie co jest w mózgu". Ta wiedza może oczywiście być przydatna dla chirurga, ale dlaczego dla ekonomisty? Nie można wątpić, że nasze zachowania i wybory, także ekonomiczne, biorą swój początek w aktywności neuronów *gdzieś* w mózgu, po cóż nam jednak wiedza gdzie konkretnie?

Wielu neuroekonomistów argumentowałoby tu, że – jak implicite przyjęto we wcześniejszej części tego tekstu – badania lokalizacyjne mogą pomóc uwiarygodnić teorie ekonomiczne. Jeżeli na przykład teoria przewiduje awersję do czegoś (straty, żalu, zawodu, poczucia winy itd.), to powinniśmy być w stanie zaobserwować aktywację wyspy (*insula*), zidentyfikowanej jako główny „ośrodek wstrętu" w mózgu, gdy badany wystawiany jest na bodziec mający wywołać daną reakcję.

Gul i Pesendorfer (2008) formułują ten typ zarzutu nieco staranniej i bardziej fundamentalnie. Ekonomia jest nauką o wyborach na rynku. *Preferencje* w jej oczach to tylko opis tego, co zostaje wybrane. Ekonomia nie potrafi wiele powiedzieć na temat tego, ku czemu konsument się skłaniał, co go kusiło, co powinien był wybrać i jaką by mu to przyniosło satysfakcję. Nie czyni konkretnych założeń co do procesów decyzyjnych zachodzących w ludzkim umyśle. W związku z tym sfalsyfikowanie teorii ekonomicznej za pomocą danych nt. zachowania komórek nerwowych jest niemożliwe, *ergo* neuroekonomia nie jest nam potrzebna.

Obrońcy neuroekonomii mogą odpowiedzieć na tego rodzaju krytykę na kilka sposobów. Pierwszy jest taki, że w ramach swojego historycznego rozwoju każda nauka wielokrotnie redefiniuje swoją metodę i przedmiot badań, także pod wpływem odkryć i postępu środków technicznych wykorzystywanych w innych dziedzinach. Być może neuroekonomia jest jaskółką fundamentalnej unifikacji nauk o podejmowaniu decyzji, która w oczywisty sposób wpłynęłaby na sposób określania zakresu nauk ekonomicznych.

Ostrożniejsza odpowiedź jest taka, że liczba możliwych do stworzenia teorii ekonomicznych jest nieskończona. Sformułowanie dowolnej z nich i zbadanie jej implikacji wiąże się z istotnym kosztem. Jeżeli wiedza zaczerpnięta z badań mózgu (jak i z psychologii i innych dziedzin) pozwoli nam skupić się na tych teoriach, które mają wiarygodne podłoże na poziomie natury indywidualnych procesów podejmowania decyzji, być może ta wstępna selekcja wyodrębni teorie, które okażą się trafniejsze także na interesujących ekonomistę poziomach ludzkich wyborów i efektywności instytucji. Nawet jeśli obecnie dostępne dane ekonomiczne nie pozwalają rozstrzygnąć, która z dwóch (lub więcej) teorii jest trafniejsza, być może skupienie się na tej, która ma poprawne podstawy, da lepsze efekty prognostyczne w przyszłości.

Problem ten nie jest zresztą w ekonomii nowy – mikroekonomia i makroekonomia także pozostawały kiedyś w większym oderwaniu, między innymi z powodu

niedostatecznego rozwinięcia metod matematycznych. Także w tym przypadku można by argumentować, że makroekonomistę nie interesuje z czego, na poziomie mikro, wynika zależność pomiędzy zmiennymi zagregowanymi, takimi jak poziom PKB, bezrobocie, inflacja itd. Niemniej jednak historyczny rozwój dziedziny wskazał na przewagę modelowania makroekonomicznego opartego o *explicite* określony model zachowania jednostki. Z drugiej strony maksymalny redukcjonizm niekoniecznie jest potrzebny lub korzystny. Bernheim buduje tu trafną analogię z matrioszkami: same modele neurologiczne także są złożonymi konstruktami niekiedy abstrahującymi od swoich podstaw fizykochemicznych. Czy do uprawiania ekonomii konieczna jest szczegółowa znajomość teorii strun?

Następny argument jest najbardziej widoczny w przypadku ekonomii behawioralnej, ale może mieć zastosowanie także i do neuroekonomii. Dotyczy on pożytku dydaktycznego: być może dla ekonomisty ostatecznie ważne są tylko przewidywania teorii dotyczące zachowania danych, do których ma dostęp i które stanowią przedmiot jego analizy, a które nie obejmują przebiegu procesu myślowego, natury „psychologicznych" odstępstw od racjonalnej kalkulacji itd. Niemniej jednak odwołanie się w teorii ekonomicznej do (pozornie przynajmniej) łatwego do zrozumienia zjawiska psychologicznego niewątpliwie ułatwia zrozumienie i stosowanie formalizmu (*vide* teoria żalu, teoria awersji do winy itd.). Można sobie wyobrazić, że np. także niemająca bezpośredniego znaczenia dla ekonomisty „opowieść" o istniejących w mózgu dwóch systemach podejmowania decyzji znacznie ułatwi zrozumienie opartej na nim teorii ekonomicznej.

Istotnie, badania psychologiczne i… neuroekonomiczne wskazują jasno, że łatwość rozwiązania ustalonego problemu logicznego w kapitalny sposób zależy od kontekstu jego przedstawienia. Dobrym przykładem jest tu słynny problem Wasona. W jego abstrakcyjnej wersji mamy regułę typu „na odwrocie kartki z samogłoską musi być liczba parzysta" i kartki z symbolami „a", „b", „4", „7". Niewiele osób poprawnie odpowiada na pytanie, które kartki trzeba odwrócić, aby upewnić się, że reguła działa (są to „a" i „7"). Znacznie łatwiej rozwiązać następujący, logicznie ekwiwalentny, problem: „W barze siedzi czterech nastolatków: Adam pije sok, Bartek piwo. Cezary ma 17 lat, a Darek 19. Co trzeba zrobić, aby upewnić się, że nie podano nieletniemu alkoholu?" (oczywiście wylegitymować Bartka i zajrzeć do szklanki Cezarego).

Bardziej fundamentalny zarzut dotyczy tzw. problemu *odwrotnego wnioskowania*. Nawet jeśli w poprzednich badaniach udało się ustalić, że proces X związany jest z aktywacją komórek nerwowych struktury anatomicznej Y, to automatyczny wniosek, że skoro w nowym badaniu bodziec Z także prowadził do aktywacji Y, to zachodził proces X, jest logicznie nieuprawniony. Istotnie, na Y mogą wpływać też inne procesy wywołane przez Z, zwłaszcza jeśli jest to bodziec złożony (zob. np.

Tallis, 2008) nt. wniosków z badań dotyczących reakcji na obserwowanie zdjęć najbliższych). Jest to problem o tyle poważny, że poszczególne struktury mózgu są niezwykle skomplikowane, wielofunkcyjne i plastyczne.

Neuroekonomia bywa także krytykowana na gruncie statystycznej poprawności wniosków ze swych badań. Obrazowanie neurologiczne jest wciąż bardzo drogie (samo wynajęcia skanera MRI to koszt rzędu 300–500$ za godzinę), skutkiem czego próby w badaniach są, z punktu widzenia badaczy społecznych, zbyt małe. Często wnioski wyciąga się na podstawie danych od ośmiu czy dziesięciu badanych, co w przypadku standardowego eksperymentu ekonomicznego ograniczyłoby szanse publikacji do zera. Co prawda, w miarę zwiększania się dostępności narzędzi i zwiększania budżetów wielkości prób powoli rosną.

Inny problem jest taki, że przetwarzanie danych pochodzących ze skanów mózgu jest bardzo skomplikowane i nie ma jedynej poprawnej metody. Jeśli ekonomiści słusznie porównują modelowanie ekonometryczne do produkcji kiełbasy („nie chcesz wiedzieć, co jest w środku"), to praca z danymi z fMRI generuje pośledniejszego gatunku mortadelę. Po pierwsze, jak wspomniano, fMRI (jak i PET) nie opiera się na bezpośredniej obserwacji aktywności neuronów. Po drugie, każdy mózg jest inny. Współrzędne hipokampu Kowalskiego będą inne niż Nowaka. Po trzecie, nikt nie jest w stanie utrzymać głowy w skanerze całkowicie bez najmniejszego ruchu. Inny może być też czas reakcji hemodynamicznej (reakcji przepływu krwi na aktywację neuronów). Co więcej, jednostkami obserwacji poziomu sygnału BOLD nie są funkcjonalnie czy anatomicznie wyodrębnione części mózgu, a sześciany (*voxels*) o boku ok. 1 mm. Za napotykanymi w artykułach zdecydowanymi stwierdzeniami w rodzaju „poziom zmiennej eksperymentalnej X wpływa na aktywację komórek nerwowych rejonu Y" stoi więc bardzo złożony i nieco arbitralny proces, którego ważniejsze etapy to filtrowanie sygnału; wprowadzanie poprawek na a) ruchy badanego, b) indywidualną funkcję reakcji hemodynamicznej, c) możliwą niehomogeniczność pola magnetycznego; następnie standaryzacja do „przeciętnego" mózgu i dopiero estymacja regresji na zmienną odzwierciedlającą warunki eksperymentalne (por. np. Rabe-Hesketh i in., 1997). Nikt dokładnie nie wie, jak duże są błędy standardowe na końcu tej procedury i co w związku z tym powinno być uznane za wynik istotny statystycznie. Vul i inni (2009) pokazują, że raportowane w badaniach korzystających z fMRI korelacje pomiędzy zmiennymi są systematycznie niewiarygodnie wysokie, gdy weźmie się pod uwagę związany z tą metodą poziom niedokładności. Co gorsza, w przeciwieństwie do *mainstreamu* badań ekonomicznych, w neuroekonomii nie przyjął się, jak dotąd, obyczaj udostępniania danych, co pozwoliłoby innym badaczom na zbadanie odporności wyników na szczegóły procedury statystycznej. Jak się wydaje, podniesienie i precyzyjne sko-

dyfikowanie standardów metodologicznych, zwłaszcza w zakresie statystycznej analizy danych, jest niezbędnym krokiem na drodze do osiągnięcia przez neuroekonomię donioślejszego miejsca w naukach ekonomicznych.

5. Neuromarketing

Pewnego rodzaju probierzem przydatności podejścia neuroekonomicznego jest nowo powstała dyscyplina neuromarketingu, starająca się zidentyfikować potrzeby i preferencje konsumentów za pomocą narzędzi neuronauki. Neuromarketing można zatem z pewnym przybliżeniem uznać za komercyjną gałąź albo aplikację neuroekonomii. Jeżeli okaże się ona skuteczna (a zatem rynek będzie skłonny pokrywać jej niemałe koszty), będzie to być może najlepszą odpowiedzią na przynajmniej niektóre formułowane wobec neuroekonomii zarzuty.

Formułowane są nadzieje, że narzędzia oparte na zdobyczach neuronauki pozwolą częściowo zastąpić niedoskonałe (por. np. Buchanan i Henderson, 1992) metody badań marketingowych, takie jak nazbyt hipotetyczne grupy fokusowe i metody ankietowe czy też kosztowne, kłopotliwe do przeprowadzenia i niosące ze sobą ryzyko zdradzenia swych planów konkurencji testy rynkowe (por. Ariely i Berns, 2010). Główną zaletą badań neuromarketingowych jest to, że nie musimy opierać się na deklaracjach badanego (które mogą nie odzwierciedlać jego preferencji) ani nawet wyborach (które mogą być np. zaburzone przez fakt bycia obiektem badania), a staramy się, przykładowo, bezpośrednio obserwować aktywację jądra półleżącego, do którego projektują neurony dopaminergiczne, a także innych elementów układu nagrody, zainicjowaną przez interesujący nas bodziec (np. konsumpcję lub samą ekspozycję produktu).

Jak dotąd być może najbardziej typowym zastosowaniem neuromarketingowym jest mierzenie skuteczności kampanii reklamowych. Przykładowo, Frito-lay testował percepcję reklamy, której bohaterka odgrywała się na nieżyczliwym współużytkowniku pralni, wrzucając bajecznie kolorową przekąskę tejże firmy do suszarki pełnej jego białych koszul. Uczestniczki badania twierdziły, że reklama im się nie podoba (być może nie chcąc przyznać się do satysfakcji z obserwowania aktu złośliwej destrukcji), ale zarejestrowana aktywność ich neuronów świadczyła o czymś wręcz przeciwnym.

Badacze potrafią wskazać obszary mózgu (takie jak kora oczodołowo-czołowa, ang. *orbitofrontal cortex*, OFC i inne elementy układu nagrody), zmiany aktywności, w których silnie korelują z gotowością do płacenia za dany towar (Plassmann i in., 2007). Mierzona przez fMRI aktywacja neurologiczna tych obszarów może

być dodatkowym sygnałem wysokiego prawdopodobieństwa zakupu. Jak na razie jednak metody te ustępują przewidywaniom wyborów konsumenckich opartym na deklaracjach badanych (i bardzo niewiele wnoszą, gdy te deklaracje zostaną wzięte pod uwagę w modelu, zob Knutson i in., 2007).

Mogłoby się wydawać, że aktywacja układu nagrody i innych obszarów mózgu wynikająca z konsumpcji dobra jest wyłącznie pochodną jego „obiektywnych" cech. Okazuje się jednak, że przekaz marketingowy ma na nią duży wpływ. W znanym badaniu McClure i in. (2004b) udowodnili, że aktywacja hipokampu i kory przedczołowej (ang. *prefrontal cortex*, PFC) zależy od tego, czy badanych *poinformowano*, że właśnie dostają do picia swój „ulubiony" napój (coca-colę lub pepsi), a nie od tego, który faktycznie otrzymali.

Jednym z najbardziej obiecujących potencjalnych zastosowań neuromarketingu jest wczesna ocena atrakcyjności produktów. Zdecydowanie najłatwiej jest z napojami, które można dostarczyć badanemu w precyzyjnie odmierzonej ilości. Przetwarzanie sygnałów zmysłowych – wizualnych, węchowych czy smakowych – jest relatywnie dobrze rozumiane i ściśle zlokalizowane w mózgu (np. kora wzrokowa usytuowana jest w płacie potylicznym, co tłumaczy gwiazdki, które mogą pojawić się nam przed oczami, jeśli bom uderzy nas w tył głowy przy niekontrolowanym zwrocie przez rufę itp.). Czy i kiedy neuromarketing może być przydatny w projektowaniu produktów bardziej skomplikowanych, pozostaje kwestią otwartą.

6. Inne zastosowania neuroekonomii

Techniki obrazowania mogą być potencjalnie użyteczne jako „wykrywacze kłamstw". Choć w powszechnej świadomości narzędzia takie wiązane są z procesami karnymi, w rzeczywistości są stosowane przede wszystkim wobec kandydatów do pracy. W szczególności rząd Stanów Zjednoczonych przeprowadza rocznie dziesiątki tysięcy takich badań poligrafem, starając się m.in. wykryć agentów obcych wywiadów aplikujących na stanowiska w amerykańskiej administracji i służbach specjalnych (Kanwisher i inni, 2009).

Znany od blisko stu lat tradycyjny wykrywacz kłamstw opiera się wyłącznie na obserwacjach reakcji obwodowego układu nerwowego, takich jak puls czy pocenie się. Są to niespecyficzne wskaźniki aktywacji fizjologicznej, mogącej wynikać z wielu innych czynników niż wypowiadanie kłamstwa. Istnieją techniki (których wiele łatwo znaleźć, wpisując w okienko wyszukiwarki „beat a polygraph" lub podobną frazę) obniżające skuteczność poligrafu.

Obserwacja aktywności mózgu daje nadzieje na bardziej skuteczne rozróżnianie sądów prawdziwych od fałszywych. Davatzikos i inni (2005) byli w stanie w niemal 90% przypadków trafnie odróżnić zdania prawdziwe od fałszywych na podstawie analizy danych fMRI. Jedną z obiecujących metod jest tak zwany test obciążającej wiedzy *(Guilty Knowledge Test*, GKT), w którym podejrzanemu o przestępstwo pokazywane są wizerunki osób lub przedmiotów należących do trzech kategorii: niezwiązane z przestępstwem, związane z przestępstwem w sposób jawny (np. widoczne na udostępnionych zdjęciach policyjnych) oraz związane z przestępstwem w sposób znany wyłącznie sprawcy. W badaniu usiłujemy orzec, czy pod względem wywoływanych przez nie wzorców aktywacji neuronalnej przedmioty niejawnie powiązane z przestępstwem bardziej przypominają te niepowiązane w ogóle (co sugeruje niewinność), czy też te powiązane z nim w sposób jawny (co wzmacnia podejrzenia wobec danej osoby badanej). Oczywiście ten paradygmat można zastosować jedynie, jeśli wiemy coś, czego badany wiedzieć nie powinien.

Co gorsza, jak na razie także MRI łatwo zmylić, np. dodając w myślach duże liczby. Dodatkowo, metoda ta jest niezwykle wrażliwa na ruchy badanego – na ogół ok. 10% obserwacji trzeba odrzucić, ponieważ ruchy głową są zbyt duże. Jak się wydaje, część osób nie jest w stanie leżeć całkowicie bez ruchu (ale nie zasnąć) i odróżnienie od nich tych, którzy ruszają się celowo, aby utrudnić zadanie badaczom, jest prawie niemożliwe. W istocie rzeczy niektórzy w ogóle nie daliby zapakować się do nieprzyjaznej ciasnej tuby, choćby miała ucierpieć na tym ich kariera; z kolei niektóre zawierające metal implanty, a także niezdejmowalna biżuteria uniemożliwiają bezpieczne badanie rezonansem magnetycznym. Dyskryminacja na rynku pracy ze względu na klaustrofobię albo zamiłowanie do piercingu nie wydaje się sprawiedliwa ani efektywna. Jak łatwo zgadnąć, dotychczasowe badania naukowe dotyczące skuteczności metod wykrywania kłamstw opartych na obrazowaniu wykorzystywały ochotników, instruowanych aby „kłamali". Trudno wyrokować, jak metody te sprawdzą się w rzeczywistych, nielaboratoryjnych zastosowaniach.

Innym interesującym i dającym istotny potencjał aplikacyjny pomysłem jest *neurofeedback*. W uproszczeniu polega on na tym, że dzięki wykorzystaniu EEG lub MRI połączonego z łatwym do interpretacji systemem wyświetlania danych w czasie rzeczywistym, badany uzyskuje na bieżąco informację zwrotną nt. aktywności swojego mózgu. Przykładowo, osoba uzależniona lub cierpiąca na ADHD może nauczyć się uzupełniać funkcjonalne deficyty swojego mózgu. Ostatnio zaproponowano wykorzystanie analogicznej metody do wzmacniania zdolności przywódczych (McDonald, 2010; Waldaman et al., 2011).

Głębsze zrozumienie działania hormonów może także przynieść wymierne skutki gospodarcze. Jednym z przykładów jest omawiana wcześniej możliwość podno-

szenia poziomu zaufania przez aplikowanie oksytocyny. Zaufanie zaś jest kluczowym składnikiem kapitału społecznego, przyczyniającego się walnie do gospodarczej *prosperity* (Zak i Knack, 2001). Choć na razie brzmi to jak science fiction, można sobie wyobrazić, że już niedługo korporacje będą fundować swoim pracownikom suplementy diety zawierające sprzyjającą współpracy w zespole oksytocynę. Podobnie serotonina może redukować poziom agresji, jednocześnie wzmacniając zdolności przywódcze (Edwards i Kravitz, 1997). Z kolei optymalizacja intensywności i koloru oświetlenia miejsca pracy może wpływać na poziom melatoniny u pracowników, sprzyjając optymalnej efektywności pracy i dobremu wieczornemu wypoczynkowi. Natomiast poziom testosteronu okazuje się być istotnym predyktorem powodzenia traderów giełdowych.

7. Neuroetyka

Neuroekonomia, a zwłaszcza jej komercyjne zastosowania, są przedmiotem interesującej debaty etycznej, mającej wiele wymiarów (por. Murphy i inni, 2008). Duża jej część w pewnej mierze wyprzedza istniejące możliwości techniczne – dotyczy zagrożeń, które mogą zrealizować się w przeszłości (przez co można słusznie odnieść wrażenie, że niektóre z nich w zasadzie wykluczają się wzajemnie – oparte są bowiem na innych scenariuszach rozwoju dyscypliny).

Obawy budzi m.in. to, czy nazbyt skuteczne metody badania mózgu nie wejdą w konflikt z poszanowaniem prywatności. np. obrazowanie może potencjalnie ujawnić nasze preferencje (np. seksualne), które wolelibyśmy zachować dla siebie, a już z całą pewnością nie ukryjemy przed nim guza mózgu[4].

Marketerzy mogą także dzięki nowym metodom jeszcze efektywniej sprzedawać konsumentom to, czego ci tak naprawdę nie potrzebują. Przykładowo, jak wspomniano, badania neurologiczne pozwalają zrozumieć mechanizmy uzależnienia od narkotyków, ale także alkoholu, seksu czy hazardu. Nie ma gwarancji, że dysponujące ogromnymi środkami korporacje nie będą próbowały coraz skuteczniej uzależniać konsumentów od swych produktów. Oczywiście problem podstępnego wykorzystania przez marketing nowoczesnych technologii nie pojawił się wczoraj. Dobrym przykładem są reklamy wyświetlane podprogowo (przez tak krótką chwi-

[4] Oczywiście można argumentować, że jeśli sam badany nie miał świadomości jego istnienia, będzie to raczej potężny pozytywny diagnostyczny „efekt uboczny" badania neuromarketingowego. Często jednak alarm podniesiony przez badacza niebędącego lekarzem radiologiem w oparciu o relatywnie niskiej (z medycznego punktu widzenia) jakości obraz okazuje się fałszywy, powodując wszakże silny stres u niedoszłego pacjenta, zob. Illes i inni (2007).

lę, że widz nie jest tego świadomy), które niejaki James Vicary miał (rzekomo z dobrym skutkiem) wykorzystywać już w roku 1957[5]. Być może jeszcze poważniejsze wątpliwości co do dopuszczalnego zakresu ingerencji w wolność wyboru jednostki budzą wspomniane pomysły manipulowania zachowań i preferencji pracowników za pomocą stosownych hormonów.

Zupełnie innym potencjalnym zagrożeniem jest przypisywanie danym neuroekonomicznym nadmiernej wagi i precyzji. Piękne, kolorowe zdjęcia mózgowia tworzą dla nieuprzedzonego obserwatora prawdziwie naukową, wiarygodną alternatywę dla tradycyjnych, „miękkich" metod nauk społecznych. W istocie badania te są i pozostaną w dającej się przewidzieć przyszłości jedynie uzupełnieniem innych metod – ich przewaga nad subiektywnymi, „mniej naukowymi" podejściami bywa pozorna. W przyszłości problemem etycznym może więc stać się np. selekcja kandydatów do pracy oparta nadmiernie na danych neurologicznych. Niewątpliwie kandydat o imponujących umiejętnościach i doświadczeniu zawodowym może czuć, że odrzucenie go wyłącznie na podstawie obserwacji zachowania jego prążkowia grzbietowego albo zakrętu obręczy jest wysoce nieetyczne.

8. Podsumowanie

Neuroekonomia jest nową, interesującą dziedziną, będącą na ścieżce szybkiego wzrostu liczby laboratoriów, publikowanych artykułów, obszarów badań i dostępnych środków grantowych. Należy spodziewać się, że w najbliższej przyszłości trend ten będzie kontynuowany, w miarę jak techniki badań będą coraz tańsze, bardziej mobilne i mniej inwazyjne. Neuroekonomia jest także obiektem istotnych kontrowersji, stymulujących krytyczny namysł nad filozofią i metodą nauk ekonomicznych. Dla niektórych jest logicznym krokiem na drodze do unifikacji badań nad podejmowaniem decyzji na solidnym gruncie nauk przyrodniczych. Dla innych jest jedynie bardzo drogim i efekciarskim sposobem zamulania poprawnej metody nauk ekonomicznych. Choć znajduje zastosowania komercyjne, w szczególności w postaci neuromarketingu, jest zbyt wcześnie, aby ocenić ich efektywność kosztową. Jak każdy punkt styku nauki i wielkiego biznesu, mariaż ten będzie wymagał nieustannego monitorowania w zakresie potencjalnych problemów etycznych. Neuroekonomia pozostaje niezwykle *obiecująca*; tylko czas pokaże, czy dojdzie do realizacji.

[5] Badacze próbowali wywoływać podobne efekty w laboratorium ze zmiennym szczęściem. Por. Karremans i inni (2006) oraz dzieła tam cytowane.

Bibliografia

Ariely, D. i Berns, G.S. 2010. *Neuromarketing: the hope and hype of neuroimaging in business*. *Nature reviews*. „Neuroscience" 11 (4).

Benjamin, D.J., Chabris, C.F., Glaeser, E.L., Gudnason, V., Harris, T.B., Laibson, D., Launer, L. i Purcell, S. 2007. *Genoeconomics*. *Biosocial Surveys*. The National Academies Press.

Bernheim, B.D. 2008. *Neuroeconomics: A sober (but hopeful) appraisal*. National Bureau of Economic Research discussion paper.

Bernheim, B.D. i Rangel, A. 2004. *Addiction and cue-triggered decision processes*. „The American Economic Review" 94 (5): 1558-1590.

Buchanan B. i Henderson P.W. 1992. *Assessing the bias of preference, detection, and identification measures of discrimination ability in product design*. „Marketing Science" 11: 64-75.

Cabeza, R. i Kingstone, A. 2006. *Handbook of functional neuroimaging of cognition*. MIT Press.

Camerer, C. 2003. *Behavioral game theory: Experiments in strategic interaction*. Princeton University Press.

Caplin, A., Dean, M., Glimcher, P.W. i Rutledge, R.B. 2010. *Measuring Beliefs and Rewards: A Neuroeconomic Approach*. „Quarterly Journal of Economics" 125 (3): 923-960.

Coates, J.M. i Herbert, J. 2008. *Endogenous steroids and financial risk taking on a London trading floor*. „Proceedings of the National Academy of Sciences" 105 (16).

Fehr, E. i Camerer, C.F. 2007. *Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences*. „Trends in Cognitive Sciences" 11 (10): 419-427.

Figner, B., Knoch, D., Johnson, E.J., Krosch, A.R., Lisanby, S.H., Fehr, E.I Weber, E.U. 2010. *Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice*. „Nature neuroscience" 13 (5): 538-539.

Frederick, S., Loewenstein, G. i O'donoghue, T. 2002. *Time discounting and time preference: A critical review*. „Journal of Economic Literature" 40 (2): 351-401.

Glimcher, P.W., Fehr, E., Camerer, C., Rangel, A. i Poldrack, R.E. 2008. *Neuroeconomics: Decision Making and the Brain*. Academic Press.

Gul, F. i Pesendorfer, W. 2008. *The case for mindless economics*. W: Caplin, A. i Schotter, A. (red.) The foundations of Positive and normative Economics: A handbook. Oxford University Press.

Harrison, G.W. 2008. *Neuroeconomics: A critical reconsideration*. „Economics and Philosophy" 24 (3): 303-344.

Illes, J., Kirschen, M.P. Edwards, E. Stanford, L.R. Bandettini, P. Cho, M.K., Ford, P.J., Glover, G.H., Kulynych, J., Macklin, R. i in. 2006. I*ncidental Findings in Brain Imaging Research: What should happen when a researcher sees a potential health problem in a brain scan from a research subject?* „Science" 311 (5762).

Kahneman, D. i Tversky, A. 1979. *Prospect theory: An analysis of decision under risk*. „Econometrica" 47 (2): 263-291.

Karremans, J.C. and Stroebe, W. i Claus, J. 2006. *Beyond Vicary's fantasies: The impact of subliminal priming and brand choice*. „Journal of Experimental Social Psychology" 42 (6): 792-798.

Knutson B, Rick S, Wimmer GE, Prelec D i Loewenstein G. 2007. *Neural predictors of purchases*. „Neuron" 53 (1): 147-156.

Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P., Fischbacher, U i Fehr, E. 2005. *Oxytocin Increases Trust in Humans*. „Nature" 435 (7042): 673-776.

Laibson, D. 1997. *Golden Eggs and Hyperbolic Discounting*. „Quarterly Journal of Economics" 112 (2): 443-477.

McClure, S.M. Laibson, D.I., Loewenstein, G. i Cohen, J.D. 2004. *Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards*. „Science" 306: 503-509.

McClure, S.M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K.S., Montague, L.M. i Montague, P. R. 2004b. *Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks*. „Neuron" 44 (2): 379-387.

McDonald, P. 2010. *Neurological Correlates to Authentic Leadership*. Victoria University of Wellington working paper.

Murphy, E.R. Illes, J. i Reiner, P.B. 2008. *Neuroethics of neuromarketing*. „Journal of Consumer Behaviour" 7 (4-5): 293-302.

Platt, M.L. i Huettel, S.A. 2008. *Risky business: the neuroeconomics of decision making under uncertainty*. „Nature Neuroscience" 11 (4): 398-403.

Plassmann H, O'Doherty J i Rangel A. 2007. *Orbitofrontal cortex encodes willingness to pay in everyday economic transactions*. „Journal of Neuroscience" 27 (37): 9984-8.

Popper, K.R. 1959. *The logic of scientific discovery*. Hutchinson.

Rabe-Hesketh, S., Bullmore, E.T. i Brammer, M.J. 1997. *The Analysis of Functional Magnetic Resonance Images*. „Statistical Methods in Medical Research" 6: 215-237.

Riling, J., Gutman, D.A., Zeh, T.R., Pagnoni, G., Berns, G.S. i Kilts, C.D. 2002. *A neural basis for social cooperation*. „Neuron" 35: 395-405.

Rosenzweig, M.R., Breedlove, S.M. i Leiman, A.L. 2010. *Biological psychology: An introduction to behavioral, cognitive, and clinical neuroscience*. Sinauer Associates.

Samuelson, L. 2005. *Foundations of human sociality: a review essay*. „Journal of economic literature" 43: 488-497.

Sanfey, A.G., Loewenstein, G., McClure, S.M. i Cohen, J.D. 2006. *Neuroeconomics: cross-currents in research on decision-making*. „Trends in Cognitive Sciences" 10 (3).

Seymour, B., Daw, N., Dayan, P., Singer, T. i Dolan, R. 2007. *Differential encoding of losses and gains in the human striatum*. „Journal of Neuroscience" 27: 4826-4831.

Shizgal, P. 1997. *Neural basis of utility estimation*. „Current Opinion in Neurobiology" 7: 198-208.

Tallis, R. 2008. *The Neuroscience Delusion*. Times Literary Supplement, April 9.

Tom, S.M., Fox, C.R., Trepel, C. i Poldrack, R.A. 2007. *The neural basis of loss aversion in decision-making under risk*. „Science" 315: 515-518.

Tversky, A. i Kahneman, D. 1992. *Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty*. „Journal of Risk and uncertainty" 5 (4): 297-323.

Vul, E. and Harris, C. and Winkielman, P. and Pashler, H. 2009. *Puzzlingly high correlations in fMRI studies of emotion, personality, and social cognition*. „Perspectives on Psychological Science" 4 (3).

Zak, P.J. i Knack, S. 2001. *Trust and growth*. „The Economic Journal" 111 (470): 295-321.

Zak, P.J. i Kugler, J. 2011. *Neuroeconomics and International Studies: A New Understanding of Trust*. „International Studies Perspectives" 12 (2): 136-152.

Zak, P.J., Kurzban, R. i Matzner, W. T. 2005. *Oxytocin Is Associated with Human Trustworthiness*. „Hormones and Behavior" 48: 522-527.