

Grzegorz Osiński**Wyższa Szkoła Kultury Społecznej i Medialnej w Toruniu*

TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE NEURONAUK W PRZEKAZIE MEDIALNYM

Wprowadzenie

Przekaz informacji może być rozpatrywany w paradygmacie nauk technicznych za pomocą teorii określających jej ilość i jakość. Rodzaj technologii używanych w przesyłaniu informacji warunkuje obie te wielkości, ale nie zajmuje się właściwie odbiorcą, który jest traktowany jedynie jako końcowy element odbiorczy przygotowanego komunikatu informacyjnego¹. Jednak w przypadku przekazu medialnego, który z zasady przeznaczony jest dla dużej grupy, oddziaływanie komunikatu informacyjnego bezpośrednio na człowieka staje się zagadnieniem kluczowym. Najlepiej oddaje to popularna hipoteza Marshalla McLuhana, mówiąca o tym, że „medium staje się przekazem”, a końcowy efekt dowolnego przekazu jest zawsze związany z jakimś procesem myślowym odbiorcy². Do niedawna procesy myślowe zachodzące w mózgu odbiorcy były właściwie niedostępne dla badań empirycznych, mogliśmy jedynie je określać w sposób pośredni, zazwyczaj za pomocą subiektywnych wypowiedzi konkretnych odbiorców. Z drugiej strony doskonale zdajemy sobie sprawę z ogromnego znaczenia technologii pośredniczącej w przekazie informacji. Radio przekazywało tylko treści werbalne, telewizja łączyła je z przekazem wizualnym, a współczesne komputerowe środki przekazu umożliwiają nam jeszcze interakcję z całym systemem przygotowującym komunikaty informacyjne. Zatem, jak twierdził McLuhan, technologia przekazu stanowi niejako przedłużenie człowieka, który je wykorzystuje. Odbiorca jednak nie jest świadomy procesu wpływu samej technologii przekazu na jego procesy myślowe; proces ten zachodzi powoli i wykorzystuje automatyzmy kognitywne. Procesy umysłowe człowieka zmieniają się trwale, ponieważ nie napotykają na

* **Grzegorz Osiński** – doktor nauk fizycznych, informatyk i kognitywista. Wykładowca w Wyższej Szkole Kultury Społecznej i Medialnej w Toruniu.

¹ G. Osiński, *Wizualizacja informacji. Badania struktur informacji w poszukiwaniu prawdy*, „Fides, Ratio et Patria. Studia Toruńskie” 2015, nr 3, s. 24-26.

² M. McLuhan, *Zrozumieć media. Przedłużenia człowieka*, tłum. N. Szczucka. Warszawa 2004, s. 40-42.

żaden świadomy opór, zmieniają się proporcje zmysłów lub wzorce percepcji³. Stajemy przed problemem funkcjonowania ludzkiego mózgu, szczególnie w procesie tworzenia wzorców percepcyjnych, które mają fundamentalny wpływ na końcowe odczucia mentalne człowieka. Aby dokładnie zrozumieć, jaki wpływ na człowieka ma przekaz medialny, powinniśmy skorzystać z metodologii neuro nauk⁴. Dzięki osiągniętemu poziomowi rozwoju technologicznego pozwala ona wejrzeć do wnętrza mózgu człowieka i spróbować zidentyfikować podstawowe stany mentalne w trakcie odbioru przekazu mentalnego.

Metody eksperymentalne neuronauk są już wykorzystywane w badaniu skuteczności reklamy spersonalizowanej⁵, czy też przekazu informacyjnego. Wiemy już, że aby poznać, jakie odczucia emocjonalne generuje konkretny przekaz medialny, należy zbadać aktywność ludzkiego mózgu, używając zaawansowanych technologii fMRI albo PET⁶. Badania takie są jednak bardzo drogie i wymagają przeprowadzania eksperymentów dostępnych w nielicznych specjalistycznych ośrodkach naukowo-badawczych. Poza tym dane, które uzyskamy w trakcie takich eksperymentów, nie muszą być podobne do wyników, jakie uzyskalibyśmy, badając te same osoby w ich naturalnym środowisku, a nie w warunkach laboratoryjnych. Najwięcej informacji na temat odczuć odbiorcy przekazów medialnych możemy zdobyć, badając jego mózg podczas konkretnych czynności, takich jak oglądanie telewizji czy przeglądanie portali informacyjnych na ekranie komputera. Badanie z użyciem fMRI może trwać najwyżej kilkanaście minut, natomiast współcześnie odbiorcy spędzają wiele godzin w bezpośredniej interakcji, szczególnie z komputerowymi portalami informacyjnymi. Dlatego w celu badania zachowań odbiorców przekazu medialnego powinniśmy używać systemów bezpośredniej komunikacji mózg–komputer (*Brain Computer Interface*) BCI⁷. Są to specjalistyczne interfejsy, które wykorzystując rejestrację prądów czynnościowych korelatów neuronalnych ludzkiego mózgu, umożliwiają bezpośrednie sterowanie komputerem za pomocą stanów mentalnych mózgu (skupienie, relaksacja). Systemy takie są już popularne wśród graczy komputerowych i wykorzystuje się je w szkoleniu żołnierzy oraz pracowników służb specjalnych. Oprócz możliwości bezpośredniego sterowania komputerem technologia BCI umożliwia zbieranie

³ Tamże, s. 61-62.

⁴ G. Osiński, *Transhumanizm. Retiarius contra Secutor*, Toruń 2018, s. 17-18.

⁵ Reklama spersonalizowana – reklama skierowana do konkretnego, indywidualnego odbiorcy, opracowana na podstawie zgromadzonej dużej ilości informacji j dotyczącej konkretnego odbiorcy.

⁶ K. Luan Phan i inni, *Functional Neuroimaging Studies of Human Emotions*, „CNS Spectrums” 2004, Vol 9, N. 4, s. 258-264.

⁷ A. Zybertowicz i inni, *Samobójstwo Oświecenia? Jak neuronauka i nowe technologie pustoszą ludzki świat*, Kraków 2015, s. 291-297.

informacji o specyficznej aktywności kory mózgowej podczas oglądania sieciowych przekazów medialnych⁸. Wyniki zebrane za pomocą takiego urządzenia mogą służyć do projektowania nowych przekazów, które będą już aktywowały konkretne, zidentyfikowane wcześniej, zachowania użytkownika. Technologie neuromanipulacji⁹, które do tej pory była stosowane jedynie na poziomie dostosowania przekazu wizualnego oraz odpowiedniej aktywacji emocji poprzez wzbudzanie aktywności kory limbicznej, otrzymują nowe potężne narzędzie, które może zostać skutecznie wykorzystane w konstruowaniu przekazu medialnego. Twórcy przekazu mogą zatem otrzymać praktyczną możliwość osiągnięcia założonych zachowań emocjonalnych u odbiorcy, posługując się odpowiednio przygotowanym materiałem.

Potencjalne możliwości manipulacji stanami mentalnymi odbiorców staną się o wiele skuteczniejsze i jednocześnie stworzą kolejne niebezpieczeństwa związane z używaniem nowych technologii. Jednak żeby zrozumieć znaczenie i skuteczność technologii neuromanipulacji, musimy najpierw poznać podstawowe znaczenie najnowszych technologii informatycznych. Najważniejsze w tym wypadku wydają się metody sztucznej inteligencji zaimplementowane w odpowiedni sposób zarówno w algorytmach komunikacyjnych, jak i w systemach analizy danych wykonywanych na potrzeby szeroko rozumianego przekazu medialnego. Mają one fundamentalne znaczenie zarówno w procesach przygotowywania samego przekazu, metodach jego rozpowszechniania, szczególnie w sieci internetowej, jak i w końcowej analizie wpływu, jaki wywierają one na odbiorcę.

Nowy paradygmat technologii przekazu medialnego

Rozwój technologii komputerowych wyznacza nowe standardy w stosowaniu algorytmów obliczeniowych. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy komputery osobiste zaczęły być powszechnie używane we wszystkich dziedzinach życia, standardem było jak najlepsze wykorzystanie mocy obliczeniowej każdej autonomicznej jednostki. Komputery pracowały samodzielnie i były wykorzystywane do różnych zadań obliczeniowych; konieczne było wtedy stosowanie systemów operacyjnych, które zapewniłyby kompatybilność pomiędzy różnymi komputerami. W tych latach rozwinęły się algorytmy numeryczne umożliwiające praktyczne obliczenia, edytory tekstu oraz programy graficzne. Dopiero wraz ze wzrostem dostępnej mocy obliczeniowej komputerów opracowano wydajne algorytmy obsługujące produkcje i edycje filmów,

⁸ P. Cipresso i inni, *Brain Computer Interface and Eye-tracking for Neuropsychological Assessment of Executive Functions: A Pilot Study*, Proceedings of the 2nd International Workshop on Computing Paradigms for Mental Health, 2012, s. 79-88

⁹ A. Zybortowicz, *Samobójstwo Oświecenia?*, s. 84-93.

plików dźwiękowych oraz zaawansowanego przetwarzania obrazów. Prawdziwy przełom nastąpił jednak w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy komputery połączono siecią przesyłającą informacje za pomocą jednolitego protokołu komunikacyjnego World Wide Web (WWW) i utworzono pierwszą stronę internetową ogólnego dostępu¹⁰. Komputery połączone w sieć utraciły swoją pierwotną funkcję jako urządzenia przeznaczone jedynie do obliczeń numerycznych, dostępnych jedynie dla specjalistów, i zaczęły przejmować rolę technologicznej platformy przekazu informacji. W roku 1997 pojawił się nawet termin określający nową dziedzinę nauki – technologie informacyjno-komunikacyjne (ang. *ICT Information Communication Technology*), która odtąd rozwijać się będzie właściwie niezależnie, wykorzystując coraz nowsze technologie inżynierskie powstające w laboratoriach informatycznych. Nowa technologia przekazu, wykorzystująca komputer, jednocześnie wymusza zmiany w tworzeniu komunikatów medialnych. Pojawiła się technologia hiperłącza, umożliwiającą bezpośrednie odwołania do olbrzymiej ilości informacji zgromadzonych na serwerach komputerowych na całym świecie. Następnie powstają pierwsze serwisy informacyjne, prasa internetowa, portale multimedialne oraz wyszukiwarki treści w sieci internetowej.

Użytkownik przestał być biernym odbiorcą statycznego przekazu informacyjnego, zamieszczonego zazwyczaj na drukowanej kartce papieru i zaczął aktywnie uczestniczyć zarówno w tworzeniu, jak i w rozpowszechnianiu treści informacyjnych. Liczba użytkowników sieci internetowej zaczęła gwałtownie rosnąć. Ostatnie badania przeprowadzone w Polsce pokazują, że w 2016 roku ponad 80 procent gospodarstw domowych miało przynajmniej jeden komputer z dostępem do Internetu, natomiast dostęp szerokopasmowy, umożliwiający m.in. oglądanie filmów on-line bezpośrednio z sieci, posiadało 75,7 procent społeczeństwa¹¹. W porównaniu z klasycznym przekazem telewizyjnym technologie internetowe zwyciężyły już w walce o odbiorcę na rynku medialnym. Według badań Nielsen Audience Measurements przed telewizorem spędzamy średnio 4 godziny 23 minuty dziennie, natomiast średni czas, jaki Polacy spędzają codziennie w internecie, surfując na komputerach, to 4,4 godz. Do tej wartości musimy jeszcze dodać średnio kolejne 1,3 godziny, które spędzamy, przeglądając strony internetowe na urządzeniach mobilnych. W 2016 roku aktywnych użytkowników stron social mediów było już ok. 14 milionów. Technologie sieciowe prześcignęły więc

¹⁰ <http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html> [dostęp: 15.09.2018].

¹¹ Główny Urząd Statystyczny, *Spółeczeństwo informacyjne w Polsce w 2016 roku*, Warszawa 2016, 20 października, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/2/6/1/si_sygnalna_2016.pdf, [dostęp 15.09.2018].

klasyczną telewizję pod względem zarówno liczby użytkowników, jak i czasu jaki poświęcają oni na oglądanie przekazów medialnych¹².

Jednocześnie zmienia się też telewizja. Nowe technologie przekazu telewizyjnego wykorzystują już algorytmy cyfrowe. Dzięki temu telewizja klasyczna ewoluuje w stronę telewizji hybrydowej. Wykorzystanie technologii internetowych w nowoczesnym odbiorniku telewizyjnym umożliwia odbiór tradycyjnych programów telewizyjnych, a także dostęp do specjalnie przygotowanych portali internetowych. Praktycznie jest to realizowane w taki sposób, że program telewizyjny jest nadawany drogą satelitarną, naziemną lub kablową, usługi internetowe są natomiast dostępne za pomocą specjalnych aplikacji telewizyjnych, które wykorzystują uniwersalny standard HbbTV¹³. Telewizja hybrydowa umożliwia również oglądanie wybranych przez odbiorcę powtórek (CatchUp TV), dostęp do bazy danych programów, ale również możliwość korzystania z portali społecznościowych oraz serwisów wideo. Tak szeroki dostęp dają nadawcy możliwość zebrania dużej ilości danych o samym odbiorcy, jego zainteresowaniach, przyzwyczajeniach i ulubionych programach. Umożliwia też skonstruowanie specjalnie przygotowanego dla pojedynczego odbiorcy przekazu spersonalizowanego. Reklamodawcy w telewizji hybrydowej mają możliwość pokazywania interaktywnych reklam dostosowanych do konkretnego odbiorcy.

Zbieranie przez zewnętrzne firmy tak dużych ilości informacji niesie z sobą pewne niebezpieczeństwo. Chcielibyśmy wierzyć, że dane zebrane podczas oglądania przekazów medialnych są wykorzystywane jedynie w celu ulepszenia technologii i dostosowania przygotowywanych informacji do potrzeb indywidualnego odbiorcy. Jednak nie zawsze tak jest. Pozyskane dane o użytkownikach mogą zostać przekazane innym podmiotom, które wcale nie zajmują się dostarczaniem rzetelnych informacji, ale ich celem jest wpływanie na nasze przekonania, odczucia i preferencje. Na początku 2018 roku świat obiegła informacja o skandalu związanym z firmą Cambridge Analytics, która wykorzystywała informacje zgromadzone przez portal społecznościowy Facebook w celu wpływania na wyniki wyborów politycznych w Wielkiej Brytanii podczas referendum dotyczącego brexitu oraz podczas ostatnich wyborów prezydenckich w Stanach Zjednoczonych. Podczas

¹² Deloitte, *Tech Trends 2017. The kinetic enterprise*, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Technology/gx-tech-trends-the-kinetic-enterprise.pdf> [dostęp: 15.09.2018].

¹³ HbbTV (*Hybrid Broadcast Broadband TV*) – standard telewizji hybrydowej wykorzystywany przez większość stacji telewizyjnych na świecie oraz producentów sprzętu telewizyjnego. Pozwala on na dołączenie do przekazu telewizyjnego interaktywnej aplikacji, która rozszerza jego funkcjonalność. Dzięki zastosowaniu HbbTV odbiorca ma dostęp do zwiastunów programów telewizyjnych, archiwów materiałów wideo danej stacji (VOD – *Video on Demand*), zakupów w sklepach telewizyjnych, serwisów meteorologicznych, serwisów sportowych oraz radia internetowego.

śledztwa okazało się, że firma ta dokonywała już wcześniej podobnych manipulacji wyborami parlamentarnymi w Nigerii, Kenii oraz Argentynie. Wykorzystywała klasyczne algorytmy przeznaczone do personalizowania przekazu dla indywidualnego odbiorcy¹⁴. Problem ten staje się bardzo poważny, zważywszy że podstawą funkcjonowania większości państw europejskich jest demokratyczny system parlamentarny, którego fundamentem są wybory powszechne. Metoda ta jest bardzo skuteczna, ponieważ wykorzystuje powszechne przekonanie odbiorców, że są oni odporni na manipulacje. Badania psychologów wykazały, że większość osób uważa, iż jest w stanie „przechrztyć” nawet najbardziej wyrafinowane metody manipulacji medialnej¹⁵. Jednak okazuje się, że zastosowanie najnowszych technologii nie daje większych szans odbiorcy, który nie jest dobrze przygotowany i szczegółowo obeznany w najnowszych metodach, zwłaszcza tych wykorzystujących neuromanipulacje.

Elementy interaktywne, odpowiednio umieszczone w treści przekazu medialnego, z pewnością będą coraz częściej stosowane. Dzięki nim nadawca pozna jeszcze lepiej preferencje odbiorcy i będzie mógł je wykorzystać w celu lepszego dostosowania przekazu spersonalizowanego. Mamy więc do czynienia ze zmianą paradygmatu: środki masowego przekazu stają się powoli środkami sterowania zachowaniami indywidualnego odbiorcy. Jednak aby stało się to możliwe, musiał się zmienić rodzaj algorytmów stosowanych w przesyłaniu i zarządzaniu przekazem spersonalizowanym. Aby dotrzeć do każdego odbiorcy, trzeba przecież przeanalizować olbrzymie ilości informacji. Miliony odbiorców generują olbrzymie ilości informacji, które trzeba poddać analizie i odpowiedniej archiwizacji. Do tego konieczne jest stosowanie specjalistycznych algorytmów przystosowanych do analizy dużych zbiorów danych Big Data¹⁶. Najlepiej na tym polu sprawdzają się algorytmy sztucznej inteligencji¹⁷.

Algorytmy sztucznej inteligencji

Problematyka dotycząca sztucznej inteligencji (ang. *Artificial Intelligence* – AI) dopiero od kilku lat jest szeroko komentowana w przestrzeni publicznej¹⁸. Spowodowane jest to głównie niezwykle szybkim tempem implementacji

¹⁴ Proces ten nazywany jest w literaturze specjalistycznej targetowaniem odbiorców.

¹⁵ G. Osiński, *Transhumanizm. Retiarius contra Secutor*, s. 154-158.

¹⁶ V. Osińska, G. Osiński, A.B. Kwiatkowska, *Visualization in Learning: Perception, Aesthetics, Pragmatism*, w „*Big Data: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*” IGI Global 2016, s. 493-526.

¹⁷ G. Osiński, *Wizualizacja informacji. Badania struktur informacji w poszukiwaniu prawdy*, s. 26-28.

¹⁸ G. Osiński, *Sztuczna inteligencja „razem czy osobno” z naturalną*, „wGospodarce.pl” 2018, 17 lutego, <http://wgospodarce.pl/informacje/46457-sztuczna-inteligencja-razem-czy-osobno-z-naturalna> [dostęp 15.09.2018].

algorytmów AI w różnych sferach życia codziennego. Najbardziej widoczny, dla przeciętnego użytkownika, jest udział algorytmów AI w procesach przetwarzania informacji i sterowania procesami komunikacyjnymi, szczególnie tych z użyciem bardzo popularnych urządzeń mobilnych – smartfonów. Samo pojęcie „sztuczna inteligencja” ma jednak dość długą historię. Po raz pierwszy termin ten został użyty przez Johna McCarthy’ego już w 1955 roku w odniesieniu do konstruowania maszyn, których działanie będzie naśladowało przejawy ludzkiej inteligencji. Do dzisiaj definicja ta nie uległa zmianie, tylko zamiast słowa „maszyna” powinniśmy używać nazwy „komputer”. Sztuczna inteligencja to takie algorytmy, które naśladują ludzkie, inteligentne zachowania. Należy więc najpierw dokładnie poznać naturalną ludzką inteligencję, aby następnie za pomocą odpowiednio dobranych technologii informatycznych naśladować te jej cechy, których chcemy używać. Problem polega na tym, że do dzisiaj nie udało się sformułować jednej, powszechnie akceptowalnej definicji ludzkiej inteligencji, która mogłaby służyć jako podstawa standardu technologicznego.

Historycznie najwcześniejsze prace nad zagadnieniami sztucznej inteligencji należy łączyć z ideą skonstruowania sztucznego mózgu. Miało to miejsce na początku lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy odkrycia neurologii klinicznej wykazały, że mózg składa się z olbrzymiej sieci wzajemnie połączonych neuronów, które wykazują plastyczne własności generowania impulsów elektrycznych zgodnie z regułą Hebb¹⁹. Zdefiniowanie w tym samym czasie podstawowej teorii informacji przez Claude’a Shannona²⁰ oraz zastosowanie opracowanej przez Norberta Wienera²¹ teorii kontroli stabilności sieci elektrycznych wskazały ówczesnym naukowcom szansę na zbudowanie sztucznego mózgu, który będzie dokonywał obliczeń w olbrzymiej sieci sztucznych neuronów zgodnie z zasadami opracowanymi przez Alana Turinga. Wydawało się wtedy, że połączenie odkryć z różnych dyscyplin naukowych pozwoli na szybkie skonstruowanie elektronicznego mózgu. Oczekiwano od tego hipotetycznego tworu naśladowania ludzkich zachowań, łącznie z procesami określanymi jako inteligentne. Jednak praktyczna implementacja tego pomysłu okazała się niewykonalna, sztucznego mózgu nie zbudowano do dzisiaj. Główną przyczyną niepowodzenia projektu było stosowanie liniowych, deterministycznych modeli teoretycznych, którymi próbowano opisywać poszczególne elementy sztucznych sieci neuronalnych. Zachowania korelatów neuronalnych mają charakter nieliniowy, a właściwy model matematyczny, jaki powinien być zastosowany

¹⁹ Tenże, *Transhumanizm. Retiarius contra Secutor*, s. 79-81.

²⁰ Tenże, *Wizualizacja informacji. Badania struktur informacji w poszukiwaniu prawdy*, s. 25.

²¹ R. Mazur i inni, *Wielopiętrowość zaburzeń mowy w praktyce lekarskiej*, „Psychiatria” 2006, t. 3, nr. 3 s. 112-117.

do ich modelowania, powinien korzystać z teorii chaosu deterministycznego, opracowanej dopiero w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Pracę nad budową modelu ludzkiego mózgu trwają i osiągają coraz wyższy poziom złożoności. Najbardziej znane aktualnie wykonywane projekty to europejski Blue Brain Project²² oraz amerykański BRAIN Initiative²³. Niestety, rezultaty tych prac badawczych nie nadają się na razie do bezpośredniego praktycznego stosowania w procesach przekazu medialnego.

Dużo lepsze rezultaty przyniosły natomiast prace nad algorytmami naśladującymi ludzkie zachowania. Powstałe w 1969 roku w USA Towarzystwo Neuronauk (*Society for Neuroscience*) zgromadziło naukowców z różnych dziedzin: medycyny, biologii, psychologii i informatyki, i zaczęło zajmować się zagadnieniami dotyczącymi działania ludzkiego mózgu, które możemy dużo lepiej zrozumieć, stosując modelowanie komputerowe i konstruując algorytmy wykorzystujące naturalną architekturę sieci neuronalnych. Zamiast prób symulacji całego mózgu naukowcy skupili się na wybranych funkcjach realizowanych przez mózg człowieka ze szczególnym uwzględnieniem percepcji informacji za pomocą naturalnych zmysłów człowieka. Wyniki ich prac zostały wykorzystane przez zespoły informatyków, którzy inspirując się odkrytymi własnościami korelatów neuronalnych w ludzkim mózgu, zaczęli stosować w pracach algorytmicznych podejście symboliczne, wykorzystując metody logiki rozmytej²⁴ i wnioskowania bazującego na analizie dużych zbiorów danych. Oprócz tego stworzono też klasę programów, które „uczą się same” na podstawie analizy różnych zbiorów danych. Te algorytmy wykorzystują zazwyczaj modele sieci neuronalnych (SSN – sztuczne sieci neuronowe), których numeryczne odpowiedniki są tworzone w wirtualnych przestrzeniach obliczeniowych. Takie programy ewoluują w czasie w zależności od jakości danych wejściowych oraz dostępnego czasu do ich analizy. Są one zdolne do rozwiązywania trudnych zadań, a ich działanie jest wieloetapowe; najpierw testują dane wzorcowe, a następnie „uczą się” analiz dowolnych zbiorów danych, wyszukując w nich zależności i wyciągając wnioski niedostępne dla innych metod algorytmicznych. Kolejnym krokiem jest łączenie różnych algorytmów AI w kompleksy, które posiadają cechy inteligencji rozproszonej wzorowanej na

²² Projekt jest realizowany w Szwajcarii na Politechnice w Lozannie przy współpracy uniwersytetów europejskich. Zob. *The Blue Brain Project - A Swiss Brain Initiative*, “Bluebrain”, <https://bluebrain.epfl.ch/> [dostęp: 14.09.2018].

²³ A.P. Alivisatos, *The Brain Activity Map Project and the Challenge of Functional Connectomics*, „Neuron” 74 (6), s. 970-974.

²⁴ Logika rozmyta – stanowi rozszerzenie tradycyjnej logiki binarnej i pozwala na opisywanie zjawisk fizycznych w sposób bardziej naturalny dla człowieka za pomocą odnośników wielowartościowych.

zachowaniach społecznych ludzi. Ta najnowsza dziedzina AI określana jest mianem technologii agentów inteligentnych (ang. *Intelligent Agent Technology* IAT).

W analizie i przygotowywaniu przekazów medialnych najważniejsze znaczenie mają metody eksploracji danych, zazwyczaj kojarzone z analizami zbiorów Big Data. Pozwalają one na zarządzanie i analizę bardzo dużych zbiorów różnorodnych danych. Wyciąganie wniosków z analizy Big Data to również domena algorytmów AI. Stosujemy wtedy metody logiki rozmytej, które są w stanie wyciągać wnioski nawet ze szczątkowych zbiorów danych, takich, w których np. brakuje wielu fragmentów informacji. Naśladują one jedną z podstawowych cech ludzkiego systemu percepcji, który jest w stanie skojarzyć obserwowany kształt na podstawie jedynie fragmentu widzianego obrazu lub odczytać tekst składający się z niepełnej liczby liter w słowie. Przykład takiego zjawiska widzimy na rys. 1, gdzie kształt złożony z 13 kropek jest rozpoznawany jako kroczący człowiek (po lewej), natomiast układ 4 prostokątów kojarzy się jednoznacznie z twarzą (po prawej). W analizie przekazów medialnych duże znaczenie mają również systemy ekspertowe, które wykorzystują informacje zawarte w różnych bazach danych i stosując mechanizmy wnioskowania, są w stanie rozwiązać problem dotyczący dużo szerszego zakresu stosowności niż tylko informacje pochodzące z jednego źródła.



Rys. 1. Kształty fragmentaryczne – Dotsshape, przykłady wizualnej metody rozpoznawania obrazów na podstawie niepełnych informacji



Takie algorytmy są szczególnie użyteczne w analizie przekazów medialnych. Dobrym przykładem, z którym często się spotykamy, przeglądając portale internetowe, jest możliwość analizy plików wideo. Obecnie standardem serwisów informacyjnych oraz portali internetowych jest umieszczanie dużej liczby filmów zamiast klasycznej informacji tekstowej. Często czytelnik, aby zdobyć informacje, jest zmuszony do oglądania wielominutowego filmu. Osobnym problemem jest konieczność oglądania

wielu filmów przez dziennikarza, który chce przygotować tekst na podstawie informacji zawartych w plikach multimedialnych. To bardzo czasochłonny proces. Dlatego opracowano serię specjalistycznych algorytmów, które potrafią automatycznie „napisać” krótkie streszczenie filmu umieszczonego w sieci²⁵. Podobną rolę w codziennej pracy dziennikarza spełniają algorytmy wchodzące w skład systemów ekspertowych. To programy, które wykorzystują informacje zapisane w różnorodnych bazach danych bądź zbiorach dokumentów typu Big

²⁵ A. Koźbiał, M. Leszczuk, *Collection, Analysis and Summarization of Video Content*, w: *Multimedia and Network Information Systems*, Cham 2019, s. 405-413.

Data i za pomocą metod sztucznej inteligencji dokonują wnioskowania, lub nawet rozwiązywania abstrakcyjnych problemów zdefiniowanych przez użytkownika²⁶. Umożliwiają one dziennikarzom inteligentne i efektywne wyszukiwanie informacji na zadany temat oraz wstępną analizę wyników odfiltrowaną przez samodzielnie zdefiniowane pytanie semantyczne lub regułę dotyczącą konkretnego zakresu stosowalności analizowanego problemu. Warto zauważyć, że takie specjalistyczne algorytmy sztucznej inteligencji jeszcze do niedawna były w stanie analizować jedynie materiały obcojęzyczne, brakowało natomiast dobrych algorytmów stosowanych do materiałów w języku polskim. W ostatnich latach pojawiły się jednak aplikacje umożliwiające badanie polskich baz danych oraz maszynowe tłumaczenie tekstów w języku polskim²⁷.

Algorytmy sztucznej inteligencji znajdują również szerokie zastosowanie w systemach rozpoznawania obrazów i mowy, a także w analizie pisma ręcznego. Na tym polu programiści napotykają jednak znaczne trudności w stworzeniu algorytmów, które naśladowałyby dokładnie działania człowieka i były równie skuteczne. Wynika to z paradoksu Moraveca²⁸, który został sformułowany w 1988 roku w odniesieniu do procesów naśladowujących ludzkie procesy myślowe. Stanowi on, że wbrew popularnym opiniom skomplikowane procesy naśladowujące procesy myślowe wyższego rzędu wymagają nie wielkiej mocy obliczeniowej, ale specjalnych, intuicyjnych algorytmów. Natomiast procesy kognitywne odnoszące się do na pozór prostych, zrozumiałych procesów dotyczących percepcji czy też aktywności motorycznej wymagają jedynie olbrzymiej mocy obliczeniowej. Sam Moravec określił ten paradoks poprzez porównanie:

Stosunkowo łatwo sprawić, żeby komputery przejawiały umiejętności dorosłego człowieka w testach na inteligencję albo w grze w warcaby, ale jest trudne albo wręcz niemożliwe zaprogramowanie im umiejętności rocznego dziecka w percepcji i mobilności²⁹.

To sformułowanie możemy rozszerzyć, przewidując, które zawody zostaną najszybciej zastąpione przez algorytmy sztucznej inteligencji. Steven Pinker uważa, że najszybciej znikną zawody wymagające specyficznie ludzkich umiejętności intelektualnych, gdyż łatwiej i taniej jest napisać odpowiedni algorytm niż zbudować bardzo wydajny superkomputer, który będzie dysponował

²⁶ G. Osiński, V. Osińska, P. Malak, *PCA Algorithms in the Visualization of Big Data from Polish Digital Libraries*, Cham 2019, s. 522-531.

²⁷ A. Sobkowicz, *Automatic Sentiment Analysis in Polish Language*, w: *Machine Intelligence and Big Data in Industry*, Berlin 2016, s. 3-10.

²⁸ Hans Moravec (ur. 30 października 1948) – naukowiec amerykański, transhumanista, profesor w Instytucie Robotyki Uniwersytetu Carnegie Mellon w Pittsburghu.

²⁹ H. Moravec, *Mind Children*, Cambridge 1988, s. 178-192.

odpowiednią mocą obliczeniową. Twierdzi on „Gdy pojawi się nowa generacja inteligentnych urządzeń, to analitycy giełdowi, inżynierowie i ławnicy sądowi mogą zostać zastąpieni maszynami. Ogrodnicy, recepcjoniści i kucharze są bezpieczni w najbliższych dekadach³⁰. Nie wspomina on o dziennikarzach i problemach związanych z przekazem medialnym ale możemy przypuszczać, że problem pełnej automatyzacji multimedialnego przekazu medialnego nie należy do jednoznacznie zdefiniowanych kategorii ludzkiej działalności intelektualnej. Przekaz medialny musimy umiejscowić gdzieś pomiędzy umiejętnościami, które człowiek wykonuje automatycznie nie angażując znacznie procesów świadomych (wyszukiwanie informacji, klasyfikacja, kategoryzacja) a czynnościami, które wymagają znacznego wysiłku intelektualnego i angażują skomplikowane procesy świadomej analizy treści. Dobrym przykładem mogą być algorytmy sztucznej inteligencji, które już dzisiaj piszą krótkie teksty dziennikarskie. Pierwsze poważne zastosowanie takich programów w praktyce to niewątpliwie system Heliograph, który został użyty w redakcji Washington Post do relacji z Igrzysk Olimpijskich w Rio de Janeiro w 2016 roku³¹. Olimpiada sportowa to ogromne wydarzenie, gdzie równolegle na wielu stadionach i halach sportowych odbywają się różnorodne zawody sportowe, na różnych etapach rywalizacji. Zazwyczaj w mediach oglądamy wydarzenia finałowe i najbardziej interesujemy się jedynie końcowymi wynikami i ewentualnie kolejnością sportowców na podium. Jednak dziennikarstwo sportowe to również znajomość poszczególnych wyników, wieloetapowe eliminacje oraz wszechobecne w tej tematyce tabele prezentujące różne parametry zmagania sportowych.

Aby prześledzić wszystkie wydarzenia na olimpiadzie i sporządzić na ich podstawie tabele ze szczegółowymi informacjami, należałoby zatrudnić ogromny zespół dziennikarzy sportowych oraz sprawozdawców, co jest bardzo kosztownym rozwiązaniem. Z ekonomicznego punktu widzenia zdecydowano się zastosować algorytm sztucznej inteligencji, który w czasie rzeczywistym nie tylko relacjonował wszystkie wyniki wydarzeń sportowych, ale jednocześnie dokonywał ich wstępnej analizy. Heliograph sprawdził się w tej roli dość dobrze, a niektórzy czytelnicy do dzisiaj nie dowierzają, że korzystali z serwisów sportowych, które były stworzone nie przez człowieka, ale przez specjalny program komputerowy.

Osobnym problemem jest umiejętność wyzwalania, za pomocą przekazu medialnego, z góry założonych stanów emocjonalnych. Jednak aby tego dokonać, trzeba wejść w strukturę działania ludzkiego mózgu dużo głębiej, dotrzeć do sygnałów generowanych w układzie limbicznym i ich neurodynamicznej interpretacji dokonywanej w korze mózgowej.

³⁰ S.Pinker, *The Language Instinct*, New York 2007, s. 145-168.

³¹ J. Keohane, *What News-Writing Bots Mean for the Future of Journalism*, „Wired” 2017, 16 February, <https://www.wired.com/2017/02/robots-wrote-this-story/> [dostęp: 15.09.2018].

Interface mózg–komputer (BCI Brain Computer Interface)

Komunikacja pomiędzy człowiekiem a komputerem standardowo odbywa się za pomocą urządzeń zewnętrznych, takich jak klawiatura lub urządzenia wskazujące (mysz, panel dotykowy). Jednak już w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku pojawiły się pomysły na bezpośrednie połączenie pomiędzy mózgiem człowieka a komputerem. Aktywność elektryczną mózgu standardowo mierzymy za pomocą aparatury EEG, która jest szeroko stosowana w diagnostyce medycznej³². Metody analizy danych EEG, wykorzystujące algorytmy sztucznej inteligencji, mogą w dobrym zakresie określić stany emocjonalne osoby badanej (skupienie, relaksacja, wytężony wysiłek umysłowy). Możliwe jest zatem sterowanie komputerem bezpośrednio za pomocą generowanych przez człowieka stanów emocjonalnych – z wykorzystaniem odpowiednio skalibrowanej i czułej aparatury EEG. Można to technicznie zrealizować, wymuszając np. ruch kursora na ekranie w lewą stronę, wtedy kiedy użytkownik będzie wykonywał w pamięci skomplikowane obliczenia arytmetyczne. Należy jedynie skompletować odpowiednie procedury, które będą uruchamiały różne funkcje lub aplikacje na komputerze.

Początkowo głównym celem takich badań była chęć pomocy osobom chorym, sparaliżowanym i z racji swojej niepełnosprawności – mającym poważne problemy z komunikacją. Interfejsy BCI mogą sterować wózkiem inwalidzkim, wirtualną klawiaturą alfanumeryczną, czy też wspomagać procesy neurorehabilitacji³³. Jednak urządzenia takie są zazwyczaj bardzo drogie i wcale nie trafiają do potrzebujących, ale znajdują zastosowanie w technologiach militarnych oraz na przynoszącym duże zyski rynku gier komputerowych³⁴. Nie zmienia to faktu, że BCI jest technologią, która nie tylko służy do sterowania komputerem za pomocą specyficznych aktywności mózgu ludzkiego, ale również zbiera olbrzymie ilości danych dotyczących funkcjonowania ludzkiego mózgu w różnych sytuacjach.

Dość szybko, bo już w 1987 roku, grupa naukowców postanowiła wykorzystać BCI w badaniu percepcji obrazów wizualnych. Ponieważ nieinwazyjne badanie EEG, wykorzystujące elektrody montowane na skórze głowy, generuje sygnał o dość dużych zniekształceniach i wysokim szumie, Philip Kennedy postanowił wykorzystać metodę inwazyjną, montując specjalne elektrody wewnątrz mózgu małp³⁵. Jego badania pozwoliły zidentyfikować aktywność konkretnych neuronów

³² M. Chylińska, W. Nyka, *Metody elektrofizjologiczne*, w: R. Mazur i inni (red. nauk.), *Neurologia kliniczna w praktyce*. Homeostat mózgu, Inowrocław 2016, s. 297-313.

³³ D. Mikołajewski, E. Tomaszewska, M. Kaczmarek, *BCI-controlled mechatronic devices, systems, and environments*, „Journal of Health Sciences” 2014, Vol. 4, no 2, s. 181-190.

³⁴ J. Waszewski, *W stronę transhumanistycznego wyścigu zbrojeń*, w: *Samobójstwo Oświecenia?*, s. 291-294.

³⁵ P.R.Kennedy, R. Bakay, *Activity of single action potentials in monkey motor cortex during*

podczas różnych prostych czynności wykonywanych przez małpy. Jego badania otworzyły nowe możliwości badawcze. Naukowcy rozpoczęli badania konkretnych struktur neuronalnych w mózgach zwierząt, zwracając szczególną uwagę na aktywność kory wizualnej odpowiedzialnej za procesy percepcji obrazów.

Na Uniwersytecie Berkeley zespół neuronaukowców poddał eksperymentom koty, którym umieszczono wewnątrz mózgu elektrody.³⁶ Dzięki nim zebrano informacje dotyczące aktywności kory wizualnej kocich mózgów podczas oglądania kilku filmów, a następnie za pomocą algorytmów sztucznej inteligencji dokonano transformacji numerycznej sygnałów, aby wyodrębnić podstawowe wzorce wizualne. W kolejnym etapie odwrócono proces i dokonano analizy wizualnej zebranych sygnałów, uzyskując obraz wewnętrznych doznań wizualnych, jakie powstają w strukturach neuronalnych mózgu kota. Praktycznie odczytano obrazy, które są generowane wewnątrz mózgu w takiej postaci, w jakiej są one bezpośrednio odczuwane, i których reprezentacje są tworzone w PU³⁷.

Umieszczanie elektrod wewnątrz mózgu budzi jednak poważne wątpliwości etyczne. Taką samą technologię można zastosować w badaniach ludzi i chociaż nie ma na ten temat żadnych doniesień w oficjalnej literaturze naukowej, to jednak transfer neurotechnologii na grunt wojskowości i wykorzystanie jej w działaniach komercyjnych powoduje realne zagrożenie stosowania takich metod na człowieku. Dzisiaj takie badania koncentrują się na ulepszeniu technologii dotyczącej elektrod montowanych wewnątrz mózgu. Zastosowanie nanotechnologii pozwala budować elektrody, które są tak cienkie, że umieszczone w tkance mózgowej, nie niszczą poszczególnych komórek nerwowych, ale są w stanie wnikać w przestrzenie międzyneuronalne i rejestrować sygnały wysokiej jakości właściwie bezinwazyjnie. Jeszcze lepsze efekty można uzyskać, stosując elektrody o kształtach naturalnych, charakteryzujących się strukturą fraktalną, które są w stanie rejestrować obrazy z wnętrza mózgu o jeszcze lepszej jakości³⁸.

W badaniach nad ludzkimi odczuciami podczas percepcji obrazów wykorzystano nieinwazyjną metodę fMRI sprzężoną z badaniem EEG. Ta nieinwazyjna procedura, wykorzystująca algorytmy opracowane do rekonstrukcji wrażeń wizualnych u zwierząt, umożliwiła wgląd do przestrzeni umysłu człowieka,

long-term task learning, „Brain Research” 1997, 760(1-2), s. 251-254.

³⁶ G.B. Stanley, F.F. Li, Y. Dan, *Reconstruction of Natural Scenes from Ensemble Responses in the Lateral Geniculate Nucleus*, „Journal of Neuroscience” 1999, 15 September, 19(18), s. 8036-8042.

³⁷ PU (przestrzeń umysłu) – wirtualna topologiczna struktura, w której reprezentowane są stany neurodynamiczne różnych doznań percepcyjnych. Dokładne omówienie tego terminu czytelnik znajdzie w: G. Osiński, *Transhumanizm. Retiarius contra Secutor*, Toruń 2018, s. 53-70.

³⁸ P. Hyunsu, P. Takmakov, L. Hyowon, *Electrochemical Evaluations of Fractal Microelectrodes for Energy Efficient*, „Neurostimulation, Sci Rep. 2018; nr 8, s. 4375.

który ogląda różne obrazy³⁹. Otrzymane wyniki prezentują jeszcze niedoskonałe graficznie rekonstrukcje o dość niskiej rozdzielczości, jednak należy pamiętać, że to dopiero początek badań eksperymentalnych, które rozwijają się niezmiernie dynamicznie⁴⁰. Oczywiście, możemy sobie wyobrazić, że dalszy rozwój tej technologii pozwoli np. na dosłowne odczytywanie snów człowieka, a dokładnie wrażeń wizualnych, jakie występują podczas marzeń sennych. Opracowywaniem takiego systemu zajmują się już japońscy naukowcy z Uniwersytetu w Kioto firm Kamitani Lab⁴¹, wykorzystując analizę obrazów fMRI podczas zasypiania człowieka i rozpoznając wzorce wizualne w fazie snu REM, kiedy zazwyczaj pojawiają się marzenia sennie. Konstrukcja coraz mniejszych i lepszych elektrod łączy różne metody diagnostyczne oraz specjalistyczne algorytmy wykorzystujące technologie sztucznej inteligencji i pozwala uzyskiwać coraz lepszy sygnał z „podglądanego” wewnętrznego świata ludzkiego mózgu⁴².

Technologie BCI w przekazie medialnym

Powróćmy do problemu postawionego na początku niniejszego opracowania. Aby jak najlepiej dostosować przekaz medialny – tak aby był on dobrze rozumiany i w przyjazny sposób integrował się z naturalnymi predyspozycjami człowieka – należy sięgać po elementy neurotechnologii. Ekran komputera to nie prosty, statyczny ekran klasycznego telewizora. Umożliwia on zarówno wysoki poziom interakcji, jak i percepcję wizualną o wysokim współczynniku rozdzielczości i jakości spektrum barw. Użytkownik z biernego widza staje się uczestnikiem przekazu, a pośredniczą w tych procesach algorytmy sztucznej inteligencji. Aby znaleźć najlepsze rozwiązania praktyczne, należy zbadać pracę ludzkiego mózgu podczas percepcji przekazu medialnego. Najpierw jednak musimy zbadać, jakie aktywności korowe wywołują proste przekazy medialne, palety barw, czy też podstawowe kształty. W tym celu studenci kierunku informatyka⁴³ Wyższej Szkoły Kultury Społecznej i Medialnej w Toruniu postanowili – w ramach prac Koła Studenckiego Sztucznej Inteligencji – zbudować własne urządzenie BCI.

³⁹ S. Nishimoto, An T. Vu, T. Naselaris, B. Yuval, Yu Bin, J. Gallant, *Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movie*, „Current Biology” 2011, 11 October, s. 1641-1646.

⁴⁰ Wyniki eksperymentu rekonstrukcji obrazów w ludzkiej PU można zobaczyć na specjalnym filmie przygotowanym przez Jacka Gallanta z Uniwersytetu Berkeley: tenże, *Movie reconstruction from human brain activity*, „YouTube.com” 2011, 21 September, www.youtube.com/watch?v=nsjDnYxJ0bo [dostęp: 25.01.2019].

⁴¹ <http://kamtani-lab.ist.i.kyoto-u.ac.jp/> [dostęp 15.09.2018].

⁴² H. Park, P. Takmakov, H. Lee, *Electrochemical Evaluations of Fractal Microelectrodes for Energy Efficient Neurostimulation*, „Scientific Reports” 2018, no. 8, s. 4375.

⁴³ Kierownikiem grupy studentów jest student II roku informatyki WSKSiM Konrad Poręba.

Ponieważ urządzenie z założenia ma służyć do badania odbiorców przekazów medialnych, w systemie pomiarowym elektrod EEG zastosowano technologię bezprzewodowego transferu danych, a dla obniżenia kosztów projektu system mobilnego czepka pomiarowego wydrukowano we własnym zakresie, korzystając z technologii druku 3D (fot. 1). Oprogramowanie służące zarówno do obsługi urządzenia, jak i do archiwizacji i analizy danych zostało opracowane i dostosowane specjalnie do badań percepcji wizualnej.



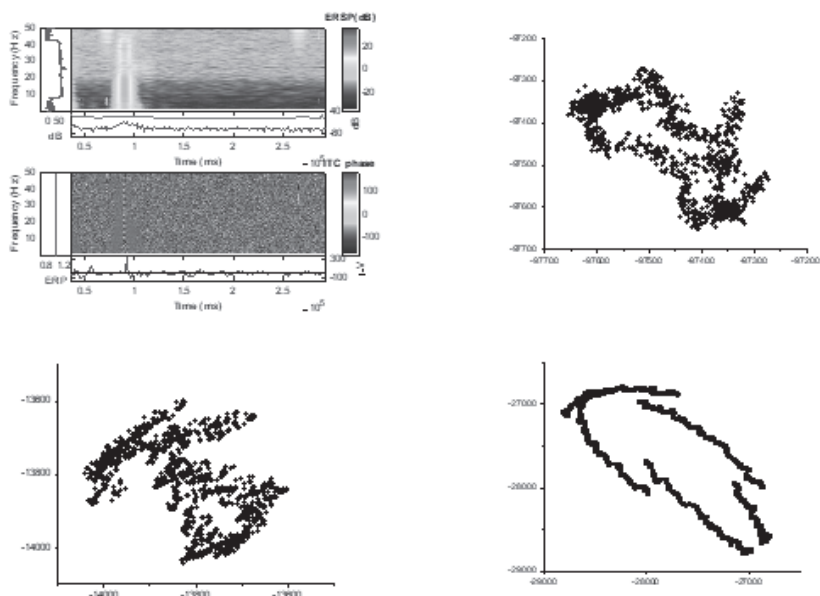
Fot. 1. Testowanie urządzenia BCI przez studentów informatyki WSKSiM. Badany uczestnik projektu (z prawej strony) ma założony na głowie zintegrowany detektor EEG z nadajnikiem WIFI (fot. Adam Szalach)

Przeprowadzono badania pilotażowe urządzenia BCI, aby wyznaczyć standardowe wzorce aktywności korelatów neuronalnych w zależności od prezentowanych na testowanym przekazie medialnym grafik wizualizacyjnych. Wyniki badań wykazały możliwość identyfikacji podstawowych barw oraz kształtów obserwowanych w trakcie badania. Użytkownikom prezentowano zarówno obszary o jednolitych kolorach (czarny,

niebieski, żółty, zielony, czerwony), jak i proste kształty (linie proste, diagonalne, skrzyżowane). Oprócz tego w odpowiednio dobranym paradygmacie eksperymentalnym sprawdzano reakcje na bardziej skomplikowane kształty fraktalne, a także interakcje z użytkownikiem za pomocą prostych sformułowań semantycznych. W analizie danych wykorzystano specjalistyczne algorytmy rekonstrukcji atraktorów neurodynamicznych używanych w diagnostyce neurologicznej⁴⁴. W uzupełnieniu analizy sygnałów EEG wykonano również wstępną selekcję wizualną znaczników neurodynamicznych za pomocą specjalistycznych algorytmów PCA⁴⁵.

⁴⁴ G. Osiński, R. Princ, *Nonlinear algorithms analyzing Fractal Cerebral Spirography signals by Higuchi algorithm*, w: *Proceedings of 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-LINEAR DYNAMICS AND COMPLEXITY*, Łódź 2018.

⁴⁵ G. Osiński, V. Osińska, P. Malak, *PCA Algorithms in the Visualization of Big Data from Polish Digital Libraries*, w: *Multimedia and Network Information Systems*, Cham 2019, s. 522-532.



Rys. 2. Rozkład spektralny sygnału BCI/EEG (lewy górny róg) oraz zidentyfikowane wzorce dynamiki percepcji wizualnej dla podstawowych kształtów

Badania pilotażowe wskazują na konieczność przeprowadzenia kompleksowych badań eksperymentalnych na dużej, tj. statystycznie istotnej grupie badawczej. Niestety, przeprowadzenie takich eksperymentów wymaga znacznych nakładów finansowych i długiego czasu badawczego. Należy mieć jednak nadzieję, że w najbliższym czasie możliwe będzie wykonanie takich nieinwazyjnych eksperymentów, które pomogą również odnaleźć wzorce przekazu medialnego charakteryzującego się zarówno wysoką rzetelnością treści, jak i odpowiednią formą przekazu wizualnego. Trzeba również zwrócić uwagę, że aby zrozumieć rolę przekazu medialnego, który sam jest przygotowywany przy wykorzystaniu algorytmów AI, należy zbadać aktywność pracy ludzkiego mózgu, którą również analizujemy za pomocą algorytmów AI. Technologia objęła cały proces przekazu medialnego – od przygotowania poprzez transmisję aż po interakcje z użytkownikiem.

Słowa kluczowe: neurotechnologia, przekaz medialny, interfejs mózg–komputer, analiza nieliniowa

Summary

Information Technology of Neuroscience in Media Coverage

Technological changes in the modern media coverage require the use of advanced computer technologies. The usage of interaction and the dominance of visual components caused necessary using artificial intelligence (AI) algorithms. The AI algorithms are used at all stages of the preparation of media coverage and in studies of its impact on recipients. Appropriate adaptation of AI methods to dynamic media transmission uses Brain Computer Interfaces (BCI) technologies. Experimental research with the BCI technologies may indicate a new direction of development and improvement of contemporary forms of media coverage.

Keywords: neurotechnology, media coverage, brain-computer interface, non-linear analysis

Bibliografia

- Alivisatos, A. Paul i inni, *The Brain Activity Map Project and the Challenge of Functional Connectomics*, „Neuron” 2012, 21 June, 74 (6), s. 970-974.
- Chylińska Magdalena, Nyka Walenty, *Metody elektrofizjologiczne*, w: R. Mazur i inni (red. nauk.), *Neurologia kliniczna w praktyce. Homeostat mózgu*, Inowrocław 2016.
- Cipresso Pietro, *Brain Computer Interface and Eye-tracking for Neuropsychological Assessment of Executive Functions: A Pilot Study*, 2nd International Workshop on Computing Paradigms for Mental Health, 2012.
- Kennedy Philip R., Bakay Roy A.E, *Activity of single action potentials in monkey motor cortex during long-term task learning*, „Brain Research” 1997, 760(1-2).
- Keohane Joe, *What News-Writing Bots Mean for the Future of Journalism*, „Wired” 2017, 16 February, <https://www.wired.com/2017/02/robots-wrote-this-story/> [dostęp: 1.09.2018].
- Koźbiał Arian, Leszczuk Mikołaj, *Collection, Analysis and Summarization of Video Content*, w: *Multimedia and Network Information Systems: Proceedings of the 11th International Conference MISSI 2018: [12–14 September 2018, Wrocław]* / eds. Kazimierz Choroś et al., Cham 2019, s. 405-414.
- McLuhan Marshall, *Zrozumieć media. Przedłużenia człowieka*, Warszawa 2004.
- Mazur Roman i inni, *Wielopiętrowość zaburzeń mowy w praktyce lekarskiej*, „Psychiatria” 2006, t. 3, nr 3.
- Mikołajewski Dariusz, Tomaszewska Ewa, Kaczmarek Mariusz, *BCI-controlled Mechatronic Devices, Systems, and Environments*, „Journal of Health Sciences” 2014, Vol. 4, No. 2.
- Moravec Hans, *Mind Children*, Cambridge 1988.
- Nishimoto Shinji i inni, *Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movie*, „Current Biology” 2011.
- OsińskaVeslava, Osiński Grzegorz, Kwiatkowska Anna Beata, *Visualization in Learning: Perception, Aesthetics, Pragmatism*, w: *Big Data: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, Hershey 2016.
- Osiński Grzegorz, *Wizualizacja informacji. Badania struktur informacji w poszukiwaniu prawdy*, „Fides, Ratio et Patria. Studia Toruńskie” 2015, nr 3.

- Osiński Grzegorz, *Transhumanizm. Retiarius contra Secutor*, Toruń 2018.
- Osiński Grzegorz, Princ Robert, *Nonlinear algorithms analyzing Fractal Cerebral Spirography signals by Higuchi algorithm*, Proc of 7th International Conference on Nonlinear Dynamics and Complexity, Łódź 2018.
- Osiński Grzegorz, Osińska Veslava, Malak Piotr, *PCA Algorithms in the Visualization of Big Data from Polish Digital Libraries*, w: *Multimedia and Network Information Systems*, Cham 2019.
- Park Hyunsu, Takmakov Pavel, Lee Hyowon, *Electrochemical Evaluations of Fractal Microelectrodes for Energy Efficient Neurostimulation*, „Sci Rep” 2018, No. 8.
- Phan K. Luan i inni, *Functional Neuroimaging Studies of Human Emotions*, „CNS Spectrums” 2004, Vol. 9, No. 4.
- Pinker Steven, *The Language Instinct*, New York 2007.
- Sobkowicz Antoni, *Automatic Sentiment Analysis in Polish Language*, w: *Machine Intelligence and Big Data in Industry*, Berlin 2016.
- Stanley Garrett B., Li Fei F., Dan Yang., *Reconstruction of natural scenes from ensemble responses in the lateral geniculate nucleus*, „Journal of Neuroscience” 1999, 15 September, 19(18).
- Waszewski Jan, *W stronę transhumanistycznego wyścigu zbrojeń*, w: *Samobójstwo Oświecenia?*, Kraków 2015.
- Zybertowicz Andrzej z zespołem, *Samobójstwo Oświecenia?*, Kraków 2015.