



Rozwój sztucznej inteligencji i przyszłość cywilizacji.

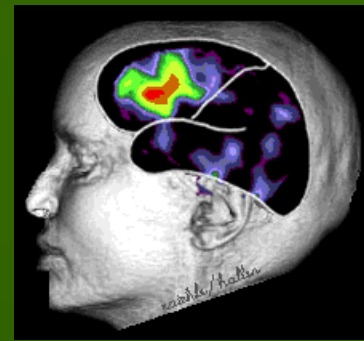


Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej, INT WFAiS UMK
Neuroinformatyka i Sztuczna Inteligencja, CD DAMSI
Laboratorium Neurokognitywne, ICNT
Google: Wlodzislaw Duch

Nowe (stare) wyzwania edukacji akademickiej. Toruń 4.09.2021

CD DAMSI



Uniwersyteckie Centrum Doskonałości (2020) w ramach IDUB
“Dynamika, analiza matematyczna i sztuczna inteligencja”.

- Dynamika i teoria ergodyczna.
- Informatyka – języki formalne i współbieżność.
- Neuroinformatyka i sztuczna inteligencja.
- Stany splątane i dynamika otwartych układów kwantowych.

Neuroinformatyka jest kombinacją dwóch ważnych dyscyplin na froncie nauki: badań nad mózgiem i sztucznej inteligencji. Wykorzystując metody uczenia maszynowego i przetwarzania sygnałów, rozwijane są nowe teorie i algorytmy analizy sygnałów mózgu, hipotezy weryfikowane za pomocą eksperymentów.

Nasza grupa: zrozumienie procesów w mózgu i inspiracje dla algorytmów AI.

Komitet Informatyki PAN: Sekcja Nauk Obliczeniowych, Bio- i Neuroinformatyki.

Epoki rozwoju cywilizacji



To nadzwyczajny moment w historii świata!

Rozwój rozumienia rzeczywistości:

1. Myślenie magiczne, kaprysy bogów, fatalizm.
2. Przyczynowość i empiryczne obserwacje, wiedza opisowa.
3. Teorie i rozumienie mechanizmów, weryfikacja, matematyka i statystyka.
4. Symulacje komputerowe i „nowy rodzaj nauki” Wolframa.
5. Wiedza z danych, gromadzenie i dostęp do wszystkich informacji.
6. Sztuczna inteligencja wspiera ludzkie myślenie.
7. Autonomiczna sztuczna inteligencja, nadludzkie możliwości.

5 paradygmatów rozwoju nauki wg IBM: empiryczny, teoretyczny, symulacyjny, wiedzy z danych (data driven), oraz przyspieszonych odkryć.

Coraz bardziej złożone modele: IBM Watson, CyC, GPT-3, Google Mixture of Experts (MoE), model z 1 trylionem parametrów ...

Informatyka dla mas



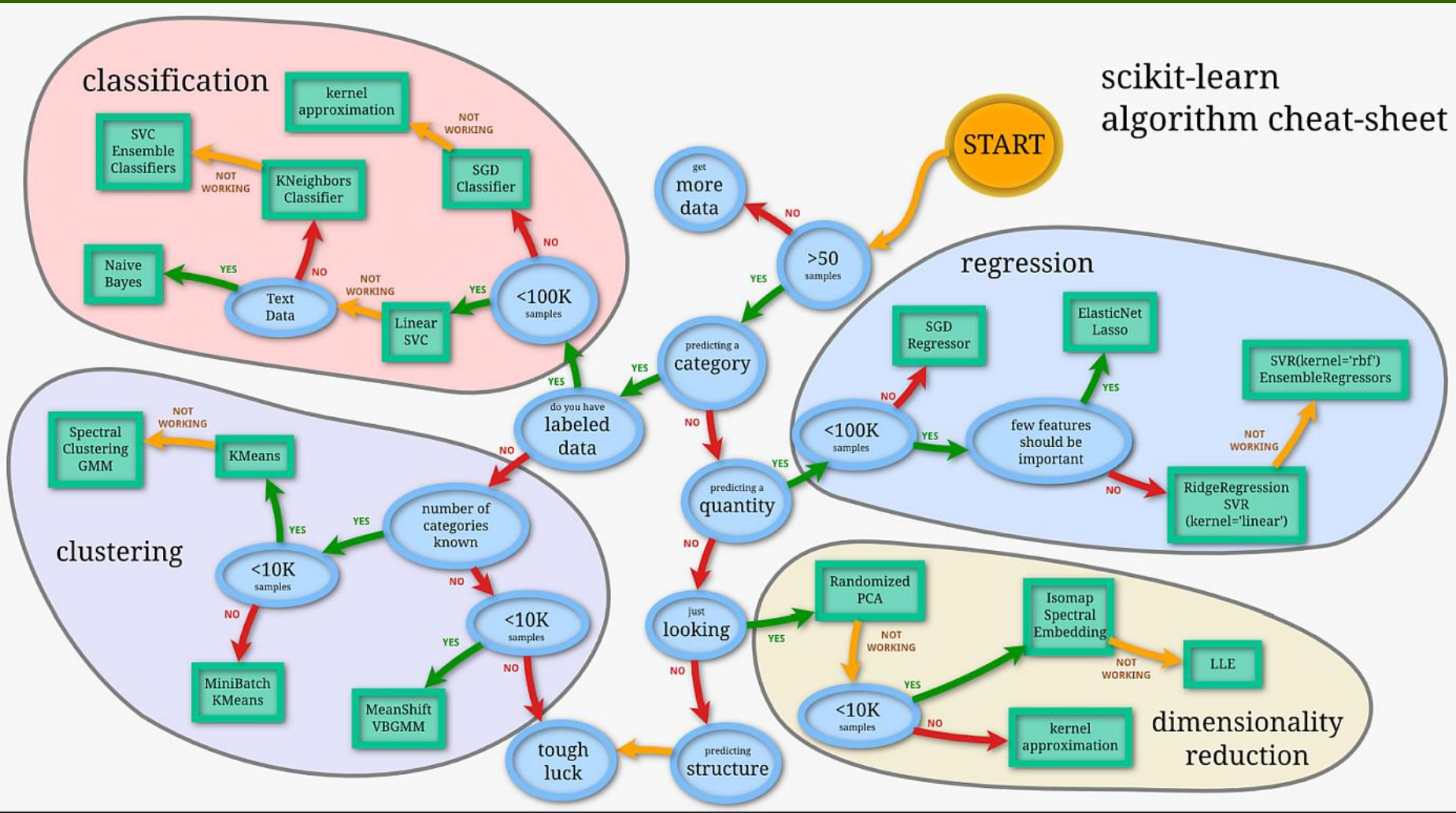
Od maszyn liczących do maszyn myślących.

1. Prehistoria: Ramon Lull (13 w), Gottfried F. Leibniz (17 w), Alan Turing, John von Neumann, Marvin Minsky, Allen Newell, Herbert Simon ...
2. Fizyka komputerowa – Cormack, Hounsfield, Nobel 1979 CT Tomography.
3. Chemia komputerowa – J. Pople, Nobel z chemii 1998
4. Bioinformatyka – Karplus, Levitt, Warshel - Nobel z chemii 2013.
5. Inżynieria materiałowa – liczne narzędzia.
6. W psychologii, socjologii, medycynie, badaniach mózgu – liczne narzędzia.
7. Sztuczna inteligencja – do wszystkiego, liczne narzędzia łatwe w użyciu.

Nauki obliczeniowe: jak wykorzystać narzędzia informatyczne do rozwiązywania trudnych problemów? Informatyka + specjalizacja czy odwrotnie, major/minor?

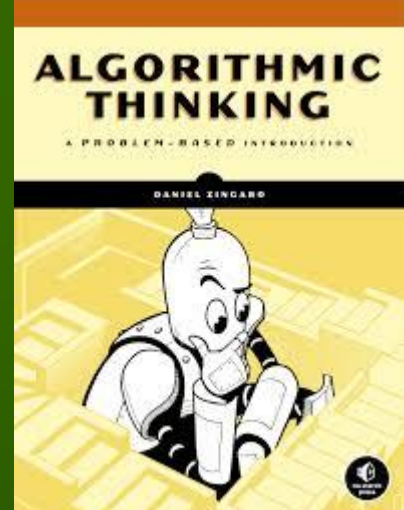
1994, Albuquerque, konferencja Computational Sciences Dep. Energii USA jak wykorzystywać superkomputery. Moje refleksje na ten temat [z 1994 roku](#).

Wystarczy wybrać metodę ...



Zastosowania ML są coraz łatwiejsze, mamy setki darmowych programów z wieloma algorytmami, tysiące aplikacji, TensorFlow, MS Cognitive services ...

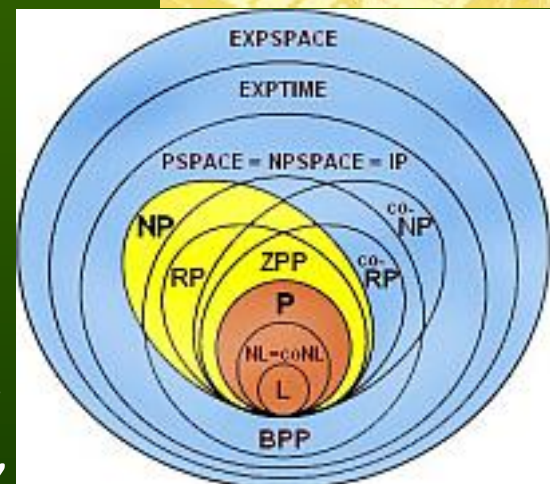
AI: definicja informatyka



Sztuczna Inteligencja (Artificial Intelligence, AI) to dział informatyki zajmujący się rozwiązywaniem problemów, dla których nie ma **efektywnych algorytmów**.

Dawniej: w oparciu o modelowanie wiedzy, przedstawianej w werbalnie opisywany, symboliczny sposób, głównie zajmująca się rozumowaniem na poziomie koncepcyjnym.

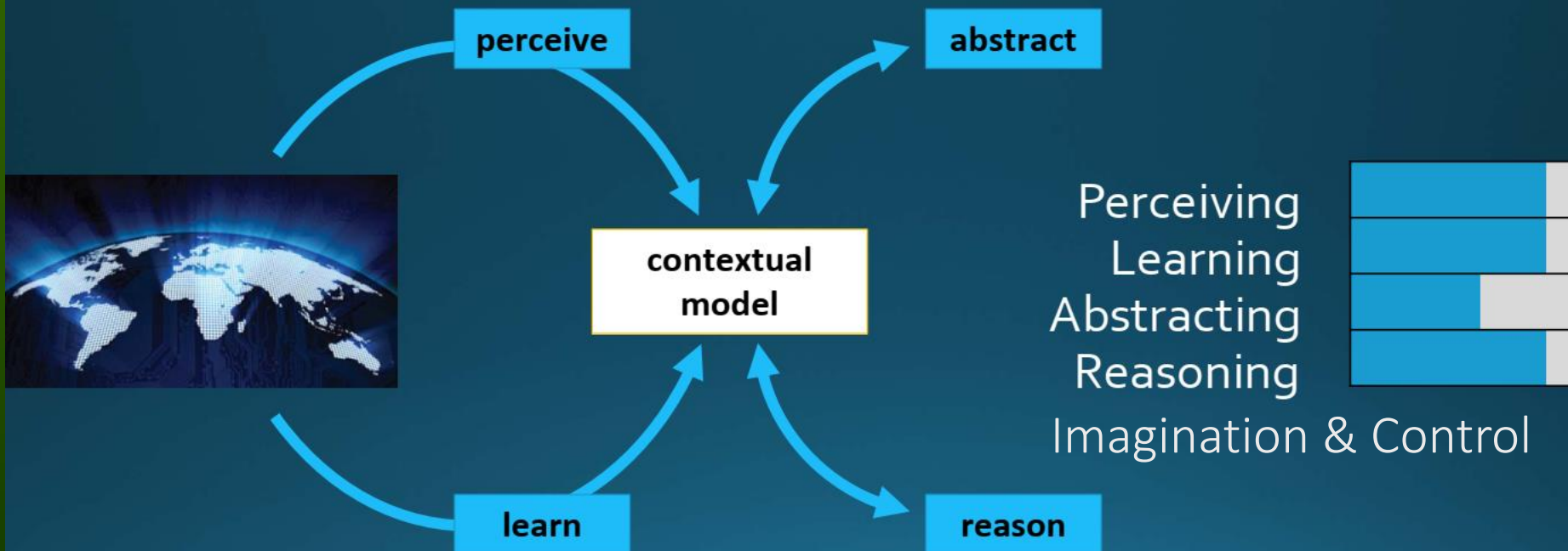
Obecnie (ostatnie dekady): AI jest niemal utożsamiana z uczeniem maszynowym, czyli rozpoznawaniem obrazów, odkrywaniem wiedzy w dużych zbiorach danych, funkcjom realizowanym intuicyjnie. Najważniejsza technika: wielowarstwowe sieci neuronowe. Technologie **neurokognitywne**: **neuro => cogito**.



Regulacja AI? To jak regulacja matematyki. Reguluje się zastosowania.

Trzecia fala AI

The third wave of AI

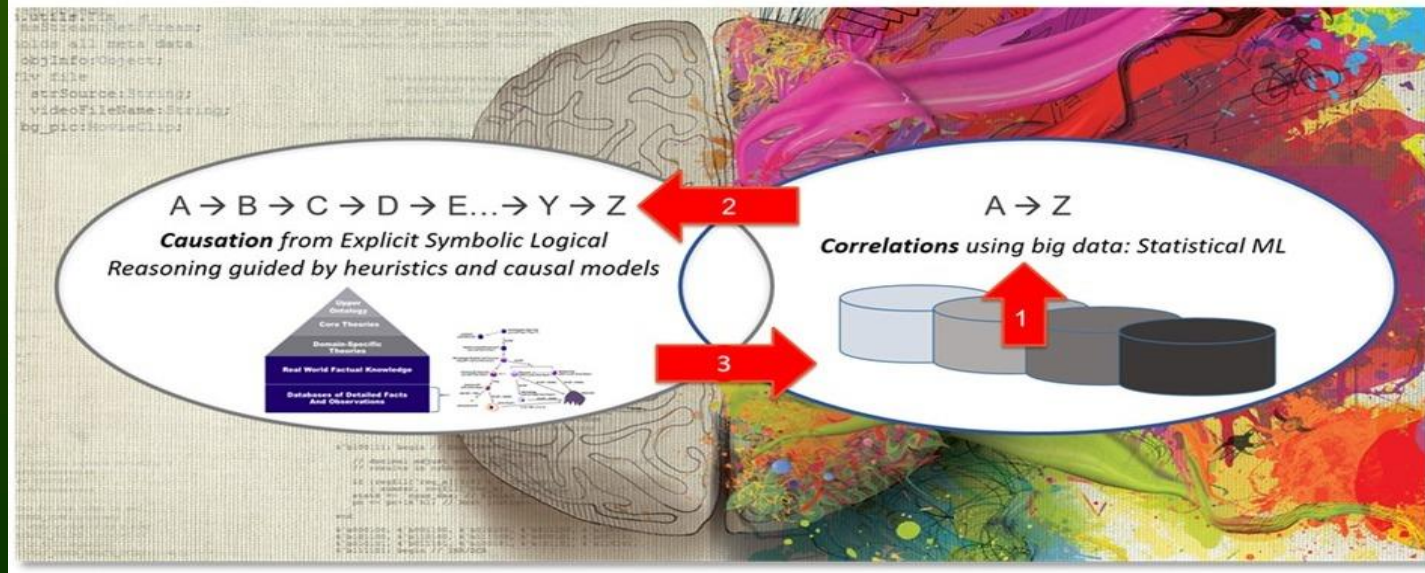
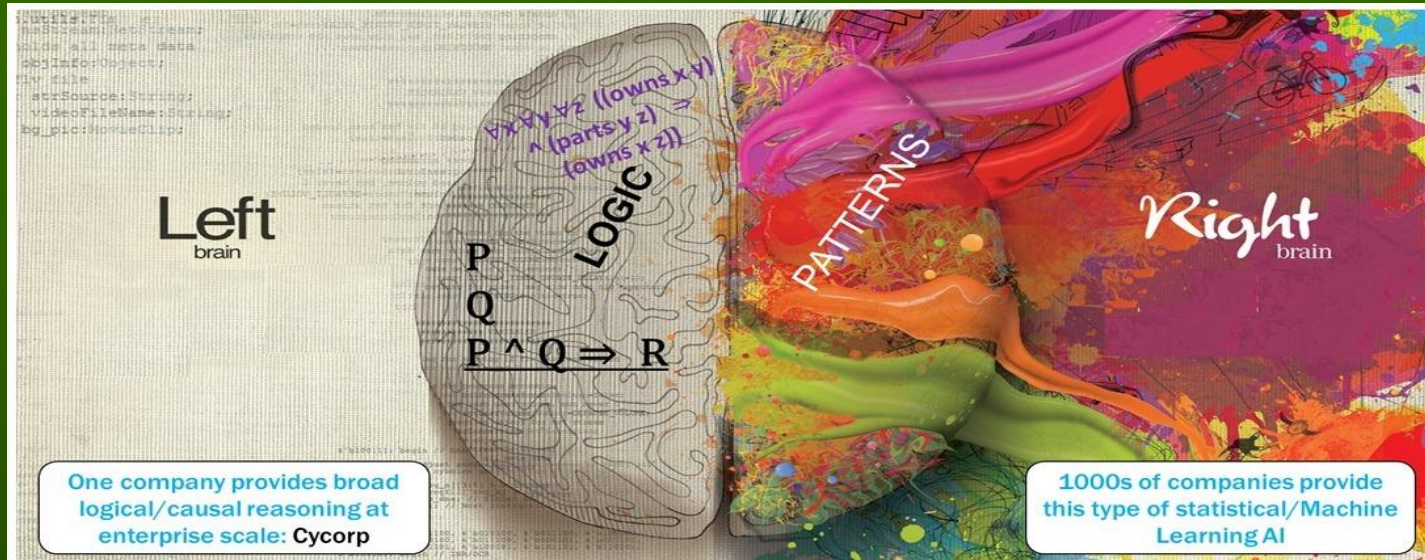


Pierwsza fala (1980): systemy regułowe, ekspertowe, klasyczne GOFAI.

Druga fala (2000): podejście statystyczne, oparte na dużej ilości danych, KDD.

2014: **GAN, Generative Adversarial Networks**, sztuczna wyobraźnia!

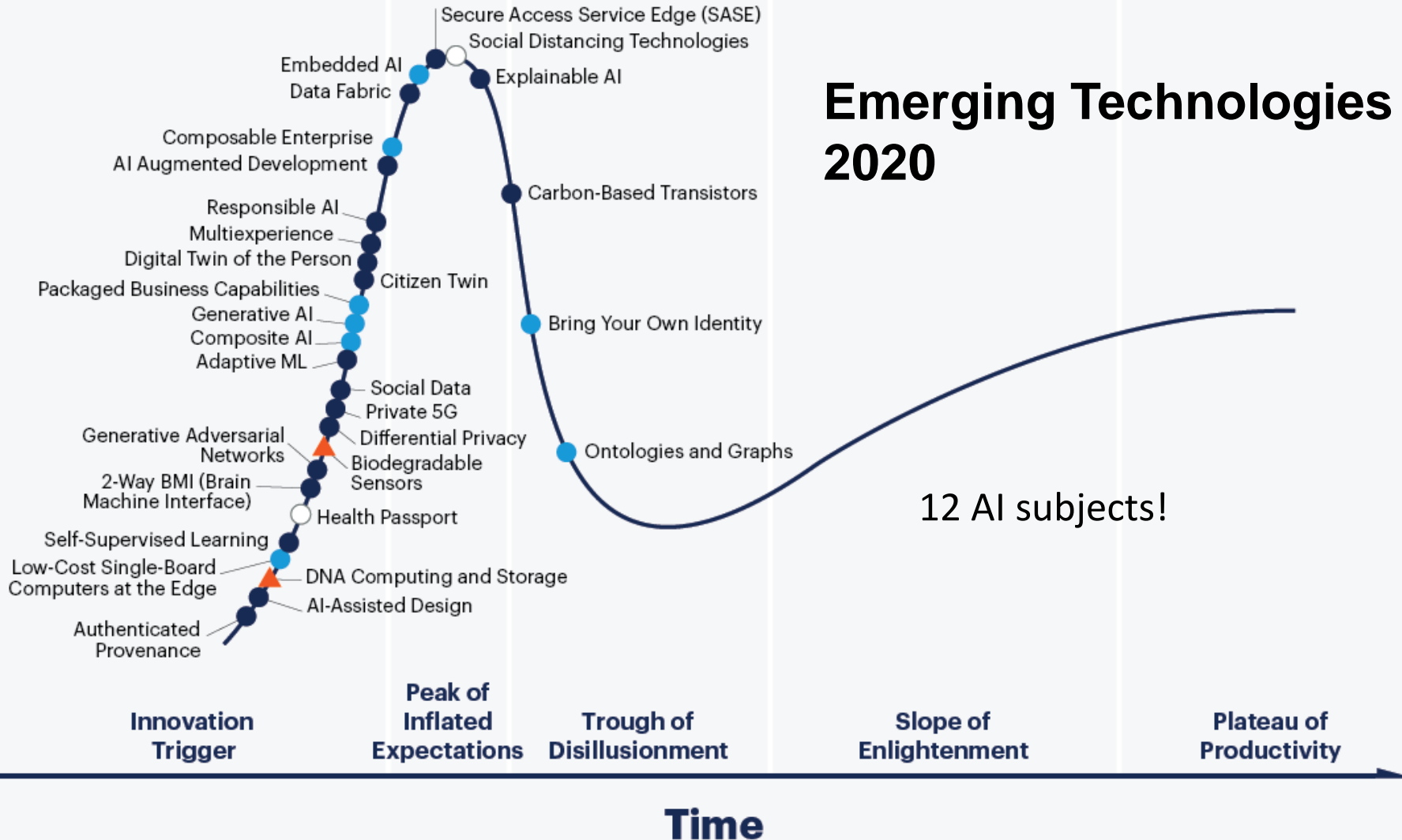
Trzecia fala AI i mózgi



Gartner Hype Cycle

Emerging Technologies 2020

Expectations



12 AI subjects!

Plateau will be reached:

- less than 2 years
- 2 to 5 years
- 5 to 10 years
- ▲ more than 10 years
- ⊗ obsolete before plateau

As of July 2020

WEF: 4th Industrial Revolution driven by AI/neuro



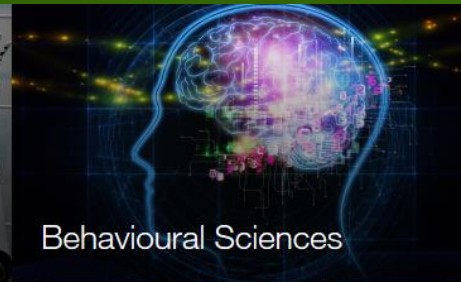
3D Printing



Advanced Materials



Artificial Intelligence and Robotics



Behavioural Sciences



Blockchain



Drones



Fourth Industrial Revolution



Human Enhancement



Neuroscience



Precision Medicine



Sensors



Virtual and Augmented Reality



Internet of Things



Biotechnology

Centra doskonałości AI



- Komunikat Komisji Europejskiej (4/2018): „Sposób w jaki podejmiemy do sztucznej inteligencji zdefiniuje rzeczywistość, w jakiej będziemy żyć.”
- [European Network of Artificial Intelligence](#) (AI) Excellence Centers. **Konsorcja (2/20-10/20), €50 mln na początek – dobry wzór dla Polski?**
- [AI4Media](#): etyczne i godne zaufania AI, technologia w służbie społeczeństwa.
- [ELISE](#): różne formy wnioskowania, zrozumiałe i godne zaufania systemy AI.
- [HumanE-AI-Net](#): wspomaganie nowych form interakcji człowiek-komputer.
- [TAILOR](#): zastosowania praktyczne, budowa sieci współpracy nauka-administracja publiczna-przemysł, AI łączące uczenie się, wnioskowanie i optymalizację.
- [VISION](#): wspomaganie synergii i współpracy grup badawczych w EU.
- [PP-RAI](#): Polskie Porozumienie na Rzecz Rozwoju AI, łączy 5 stowarzyszeń (2018), bez wsparcia, bez komentarza ...



Kogni Nauki kognitywne

Biohybrydy

Bio
Lab
neuro-
kognitywne

Nano
Fizyka
Kwantowa

Info

Informatyka, inteligencja obliczeniowa/sztuczna,
uczenie maszynowe, sieci neuronowe

Neuromorficzna przyszłość

Ta ściana mieści 1024 chipy TN, czyli 1 mld neuronów i 256 mld synaps.
1/4 mózgu goryla, 1/6 szympansa. [Cerebras](#) CS-2 chip ma 2600 mld tranzystorów!

Integracja:

Nano +

Neuro +

Info +

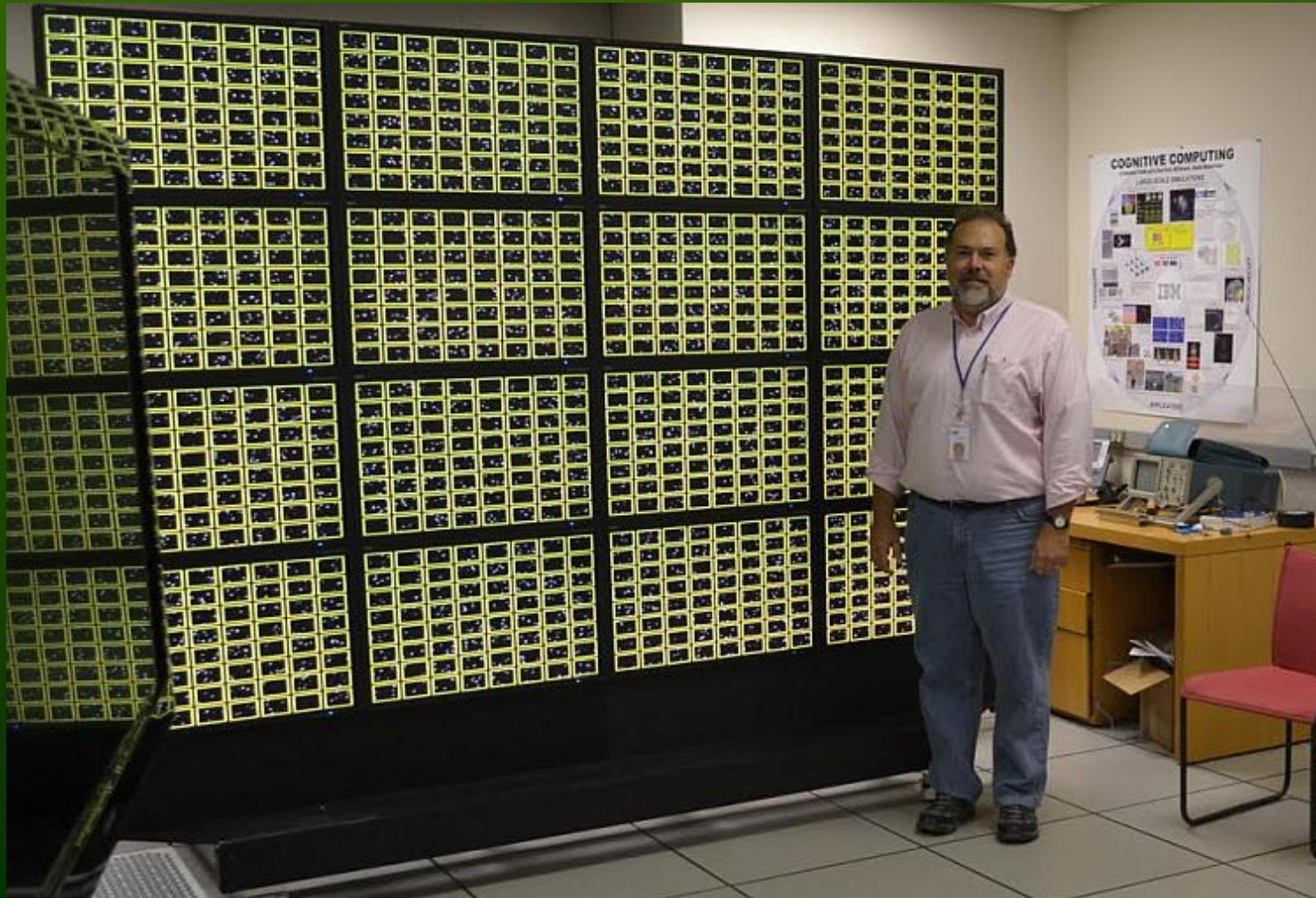
Kogni

Neural AI
accelerators

AD 2021

200 x CS-2,

> 10^{14} par.



Nano: hybrydowe chmury

Zamiast zaawansowanych systemów obliczeniowych w coraz większym stopniu duże projekty będą wykorzystywać hybrydowe chmury: lokalne, publiczne i prywatne, tradycyjne + nowe sposoby przetwarzania.

Heterogeniczność ma zapewnić płynny przepływ pracy w bardzo zróżnicowanych zasobach, sieciach czujników, urządzeniach fizycznych oraz całych laboratoriach i organizacjach badawczych. Rozproszone farmy, maszyny przepływu danych, FPGA, obliczenia kwantowe, obliczenia neuromorficzne, zaawansowana sieć ...

European Open Science Cloud (2018) [Helix Nebula Science Cloud](#) w CERN.

U.S. Department of Energy's Research Hybrid Cloud w Oak Ridge National Lab.

[COVID-19 High Performance Computing](#), konsorcjum oferujące: 50.000 GPU, 6.8 mln rdzeni, 600 Pflopów, 100 projektów związanych z medycyną.

Konsorcjum tworzą 43 organizacje: narodowe laboratoria USA, NASA, NSF, NIH, Amazon, Google, Dell, HP, IBM, Intel, Microsoft, Nvidia, MIT, RIKEN, KISTI ...

The COVID-19 High Performance
Computing Consortium



BERT



Modele językowe mogą kodować wiedzę o relacjach słów w złożonych strukturach sieciowych. W 2018 roku grupa Google stworzyła model BERT, model wstępnie przeszkolony na dużym korpusie tekstowym, aby uzyskać ogólne “zrozumienie struktury języka”. Model ten jest następnie dostrajany do określonych zadań NLP, takich jak odpowiadanie na pytania lub wyszukiwanie informacji semantycznych.

- **Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT).**
Transformer-based machine learning technique for (NLP) pre-training.
- Anglojęzyczny BERT: dwie sieci neuronowe, mniejsza 110M parametrów i większy model to 24-warstwowa sieć o 340M parametrów; trenowana na BooksCorpus z 800 M słów + Wikipedii z 2 500 M słów.
- 12/2019 BERT działał w 70 językach, w 2020 wiele mniejszych, wstępnie wyszkolonych modeli z całym słowem maskującym umieszczono w GitHub repository jako otwarte oprogramowanie.

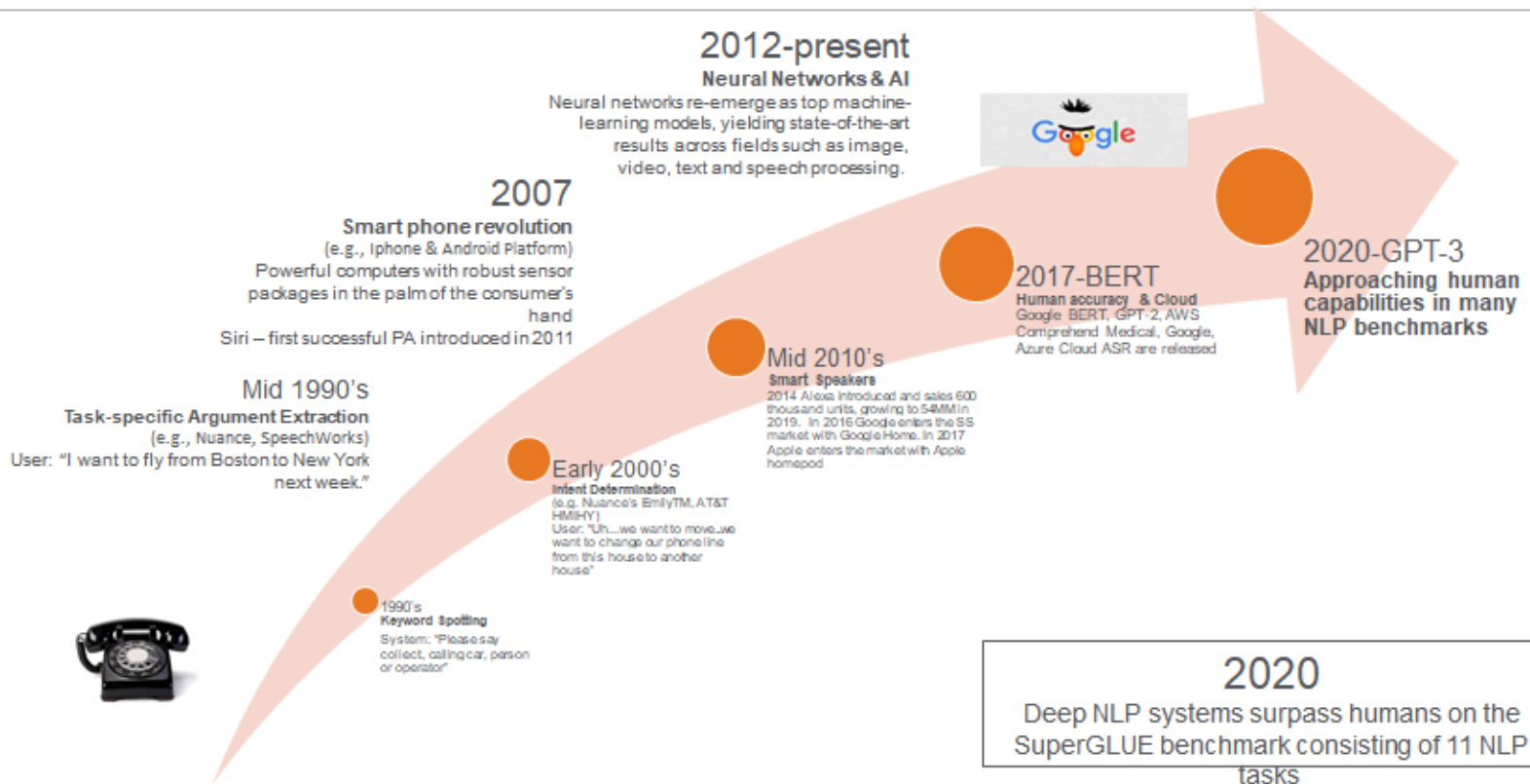
Maskując niektóre słowa, system uczy się je przewidywać, np.:

Input: the man went to the [MASK1] . he bought a [MASK2] of milk. **Labels:**
[MASK1] = store; [MASK2] = gallon

State of the art

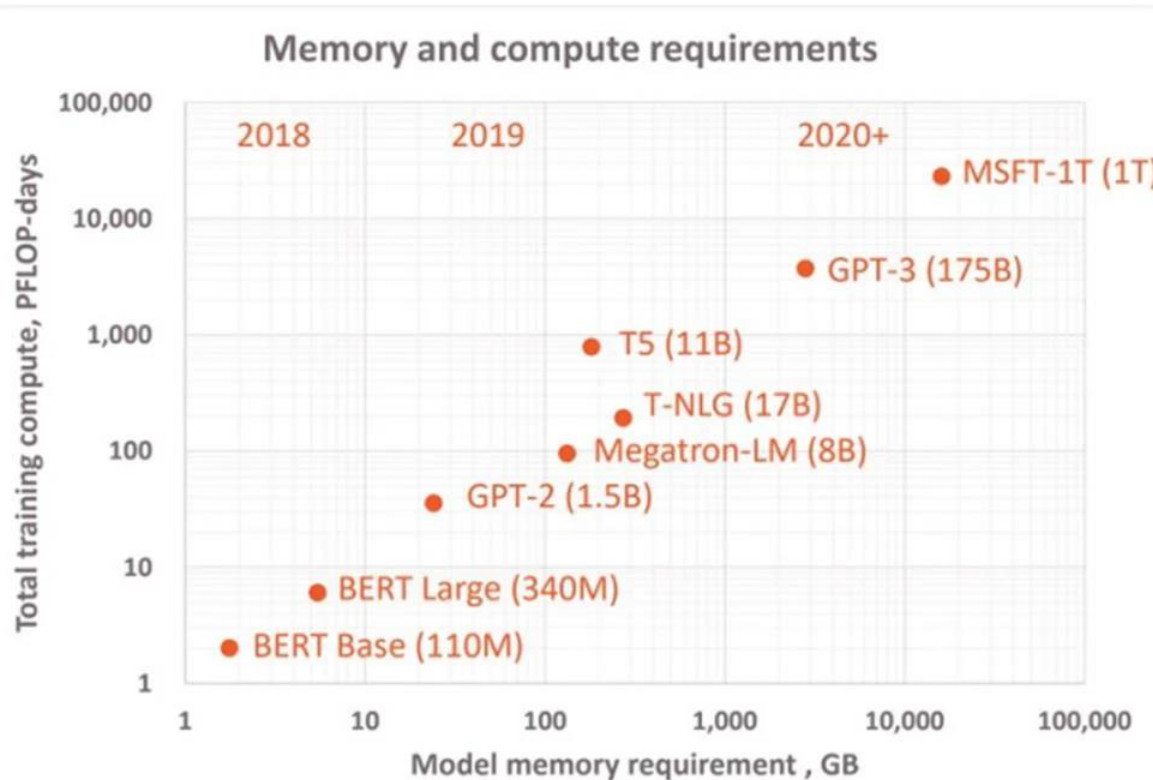
Wyniki dla 100.000 pytań z bazy [Stanford Question Answering Dataset](#) (SquAD) są lepsze niż wyniki osiągnięte przez ludzi.

Speech & NLP Technologies are Evolving Quickly



Przyspieszenie ...

Exponential Growth of Neural Networks



1000x **larger models**
1000x **more compute**
In just **2 years**

Today, GPT-3 with 175 billion params trained on 1024 GPUs for 4 months.

Tomorrow, **multi-Trillion** parameter models and beyond.

Takie modela pozwalają na kojarzenie faktów przydatne nie tylko w prostych systemach. Nauka wykorzystuje nie tylko dedykowane systemy obliczeniowe, ale w coraz większym stopniu hybrydowe chmury i nowe architektury komputerów.

Nadludzkie możliwości AI



Rozumowanie: 1997–szachy, Deep Blue wygrywa w szachy; 2016 –AlphaGo wygrywa w Go;

Percepcja: rozpoznawanie twarzy, obrazów, cech osobowości, preferencji seksualnych, politycznych ...

Strategia i sterowanie: 2017–OpenAI wygrywa w Pokera i Dota 2; 2019-Starcraft II ... co zostało?

Eksperymenty naukowe: 2015-AI odkrywa ścieżki genetyczne/sygnałowe regeneracji płazińców. 2020-AlphaFold 2 zwiija białka.

Robotyka: 2020 fikołki i parcour Boston Dynamics, autonomiczne pojazdy na drogach.

Kreatywność i wyobraźnia: AIVA i inne programy komponujące muzykę, DeepArt i programy malarskie.

Język: 2011–IBM Watson wygrywa w Jeopardy (Va Banque); 2018–Watson Debater wygrywa z filozofami, 2020: BERT odpowiada na pytania z bazy SQuAD.

Cyborgizacja: BCI, optymalizacja mózgow? Wkrótce.



Artificial General Intelligence (AGI), Memphis 2008



AGI & BICA

Z perspektywy inżyniera zrozumieć mózg to zbudować działający model wykazujący takie same funkcje. Potrzebne są przestrzenne modele zjawisk i ich przyczyn, wyobrażenia.

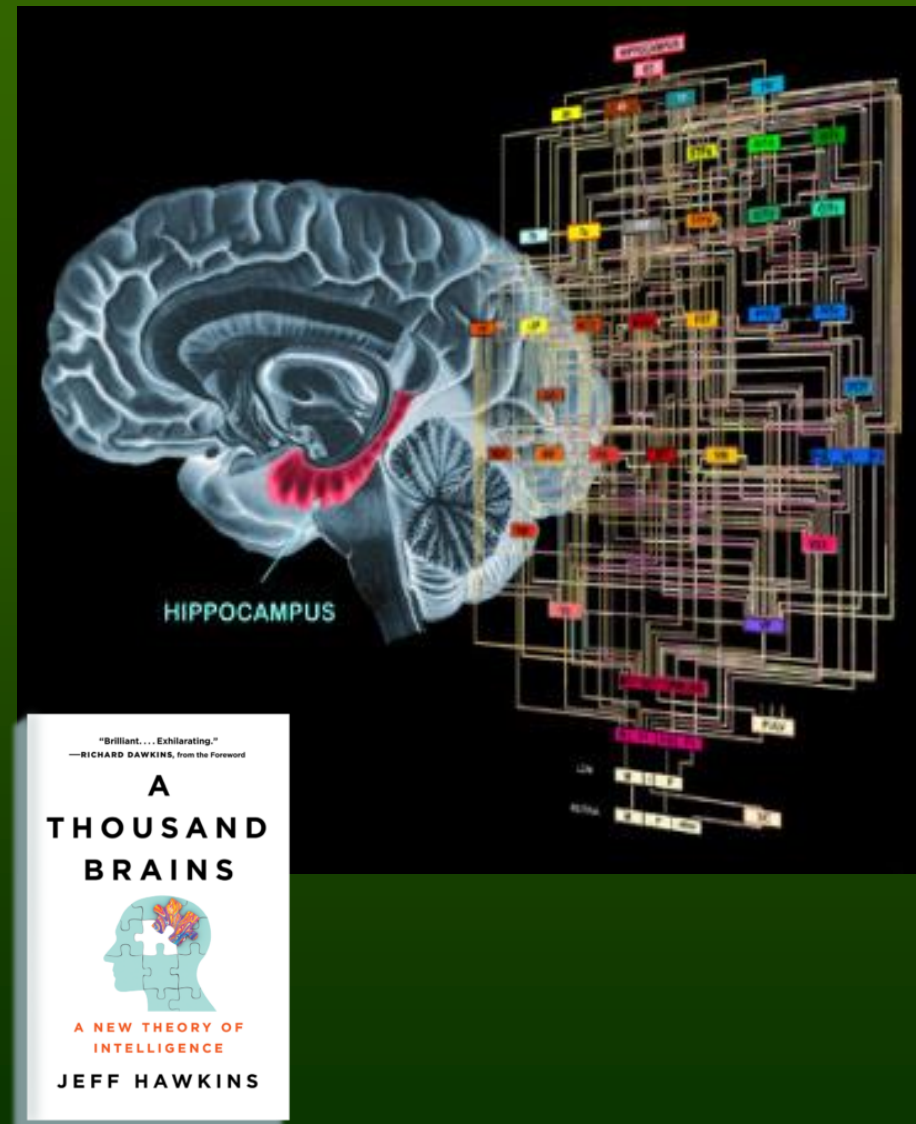
AGI = Artificial General Intelligence, naucz się wielu zadań.

BICA (Brain-Inspired Cognitive Architecture) uniwersalna inteligencja.

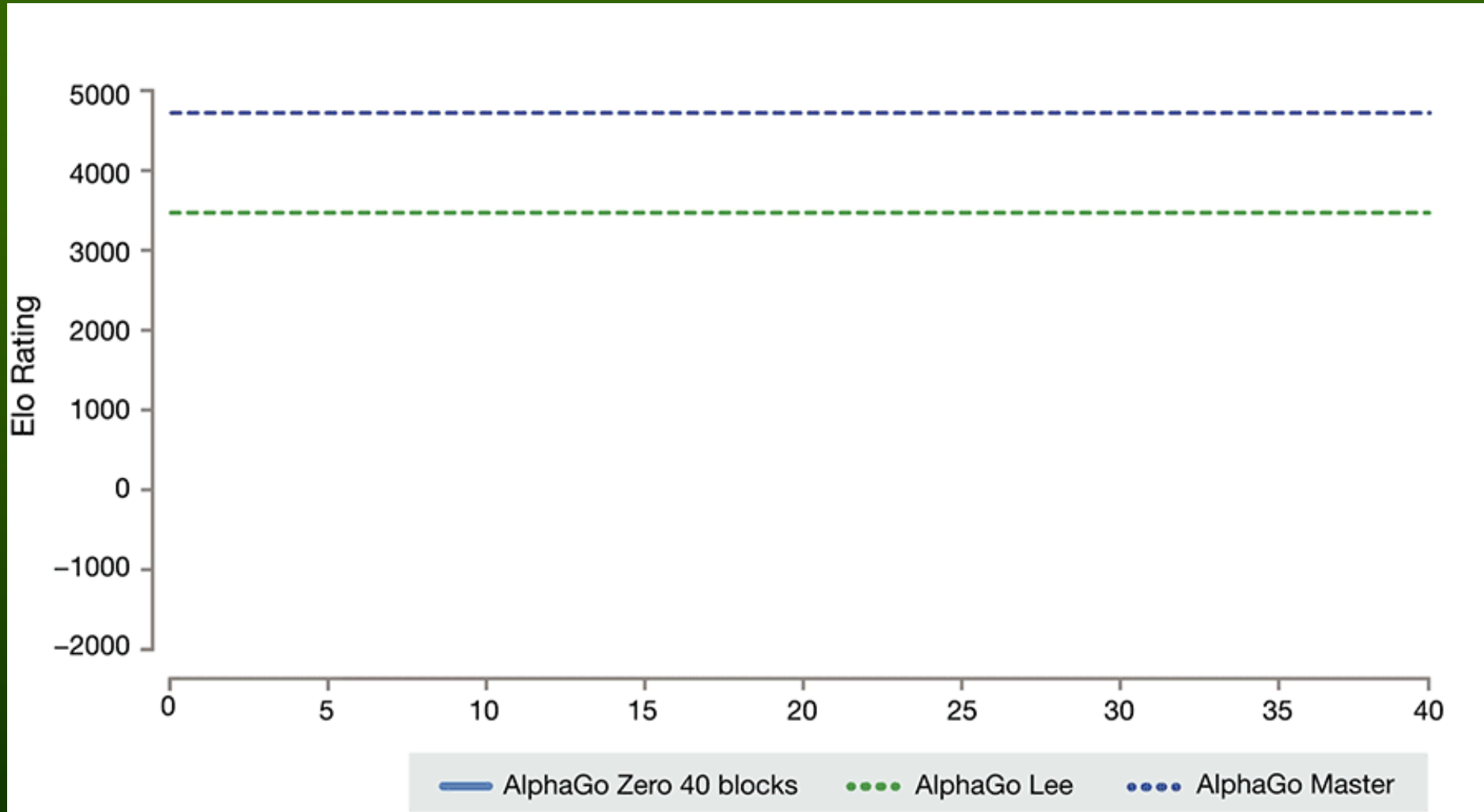
Duch, Oentaryo, Pasquier,
Cognitive architectures: where do we go from here?

“We’ll never have true AI without first understanding the brain”

Jeff Hawkins (2020).



AlphaGo Zero uczy się Go od 0!



Tysiące lat ludzkiego doświadczenia odkryte w kilka dni dzięki graniu przeciwko sobie, pozwala osiągnąć nadludzkie możliwości w strategii gry w Go.

Nadludzka percepcja

Automatyczna analiza zdjęć twarzy określa własności fizyczne: płeć, wiek, rasę, BMI, choroby.

Niespodzianka! Również emocje, cechy charakteru, skłonności kryminalne, preferencje religijne, polityczne i seksualne można odczytać z twarzy z większą dokładnością niż robią to ludzie.

Homo/hetero mężczyźni w 91% przypadków, a kobiety w 83% (5 zdjęć/osobę). Oceny 35 ludzi były poprawne w 61% i 54%.



(a) Three samples in criminal ID photo set S_c .

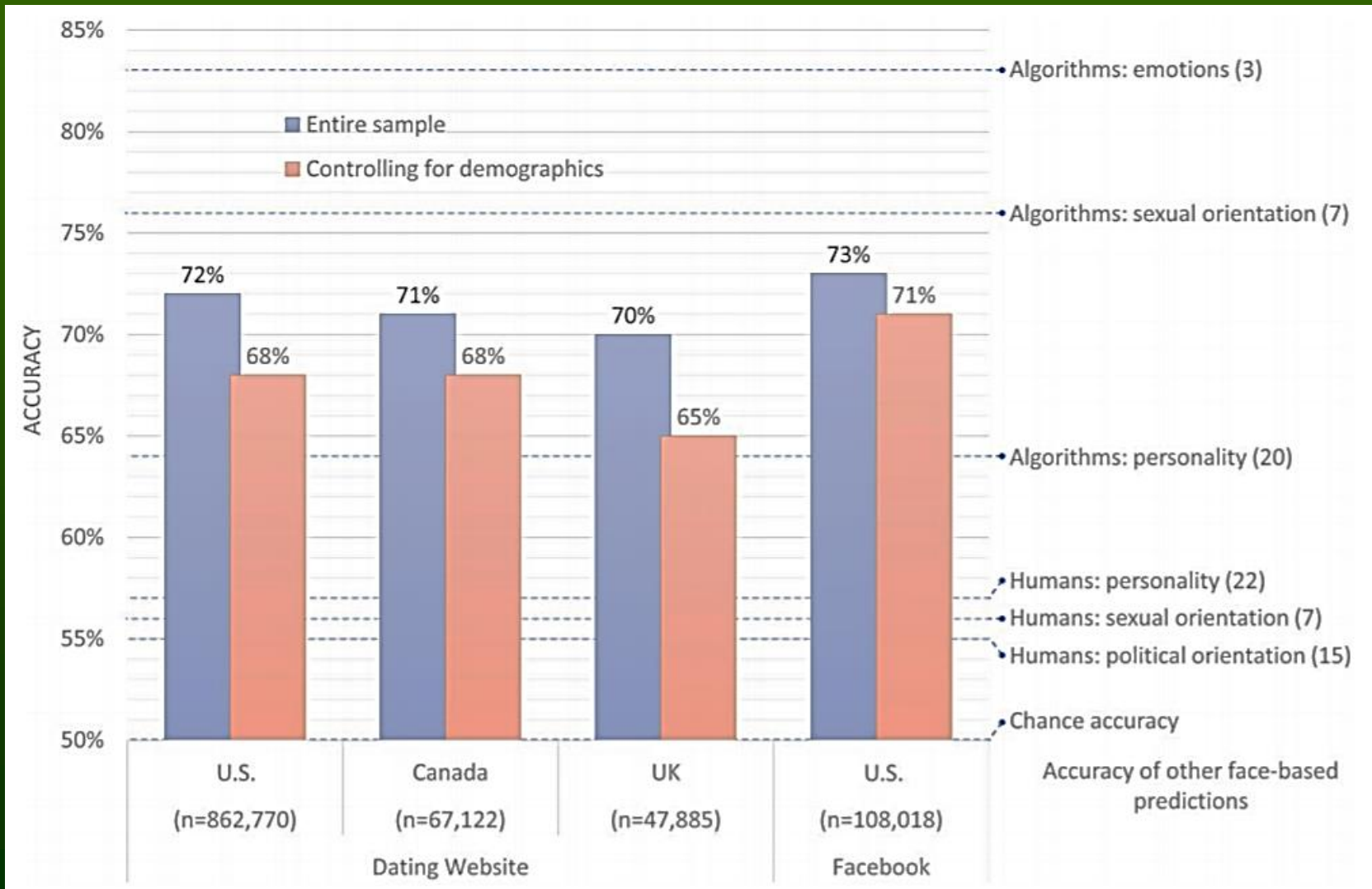


(b) Three samples in non-criminal ID photo set S_n .

Analiza ponad miliona zdjęć pozwala na poprawne określenie preferencji liberalnych vs konserwatywnych w 72% przypadków. Ludzie - 55% poprawnych. Tendencje kryminalne: dla 5000 więźniów i tyle samo kontrolnych zdjęć sieć CNN wykazała 97% dokładność (pracę wycofano, brak zgody komitetu etycznego).

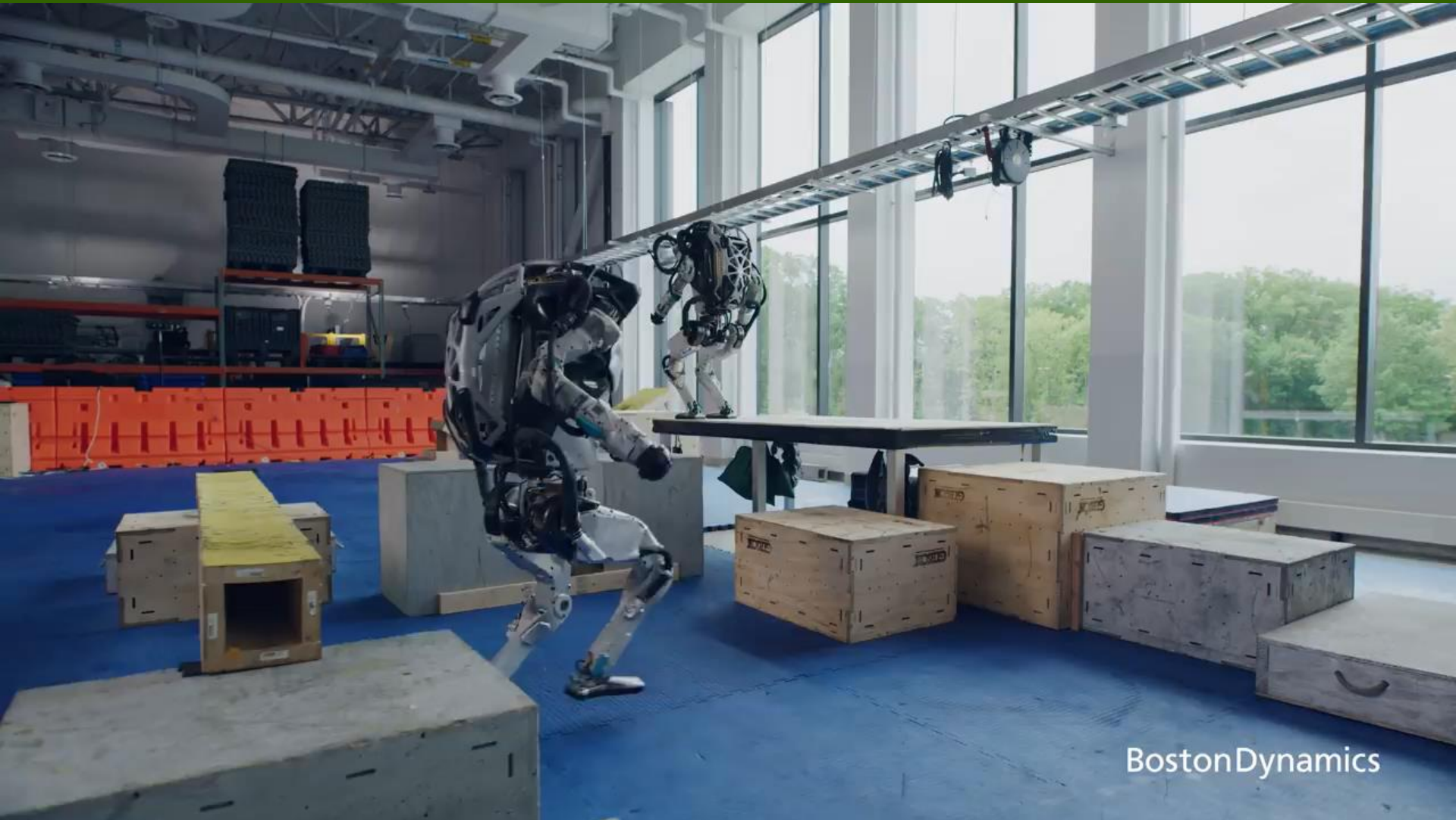
Preferencje wymalowane na twarzy?

Analiza zdjęć twarzy >1M osób pozwoliła na rozróżnienie w 72% liberalno-konserwatywnej orientacji; sędziowie 55% (M. Kosiński, Sci. Rep. 2021).



Kontrola: sterowanie robotami

Inteligencja behawioralna: nauka robota od “niemowlęctwa”.
Projekty Cog, MIT Brooks lab, 1994-2003. iCube (EU).



BostonDynamics

GAN, Generative Adversarial Networks

Idea (2014): jedna sieć generuje fałszywe przykłady zniekształcając dane treningowe, druga ocenia czy to prawdziwe dane. Zobaczyć i nie uwierzyć!



2014

2015

2016

2017

Text description

This bird is blue with white and has a very short beak

This bird has wings that are brown and has a yellow belly

A white bird with a black crown and yellow beak

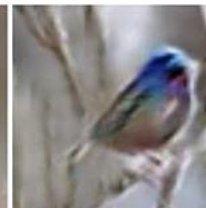
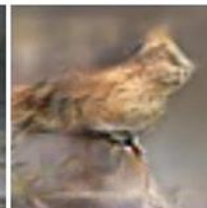
This bird is white, black, and brown in color, with a brown beak

The bird has small beak, with reddish brown crown and gray belly

This is a small, black bird with a white breast and white on the wingbars.

This bird is white black and yellow in color, with a short black beak

Stage-I images



Stage-II images



GAN-animacja

Obrazy można ożywić lub zamienić automatycznie w karykatury.
Realistyczny model wymaga kilku zdjęć lub obrazów.
Można też dodać różną ekspresje imitując osobowość i głos.

Living portraits



Gender swap of composers czyli AI zmienia płeć!
Bez pigułek wrzucanych po kryjomu do tornistrów dzieci!

Deep fake video

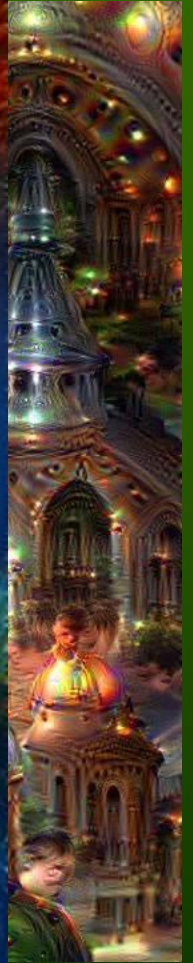
Każdy może stworzyć „deep fake”.

Można też dodać różną ekspresję imitując osobowość i głos.

Deepfake Videos Are Getting Real, Gender swap of composers

Google Deep Dream, czyli androidy śnią o elektrycznych owcach!





[Google Deep Dream/Deep Style & Generator, Gallery](#)

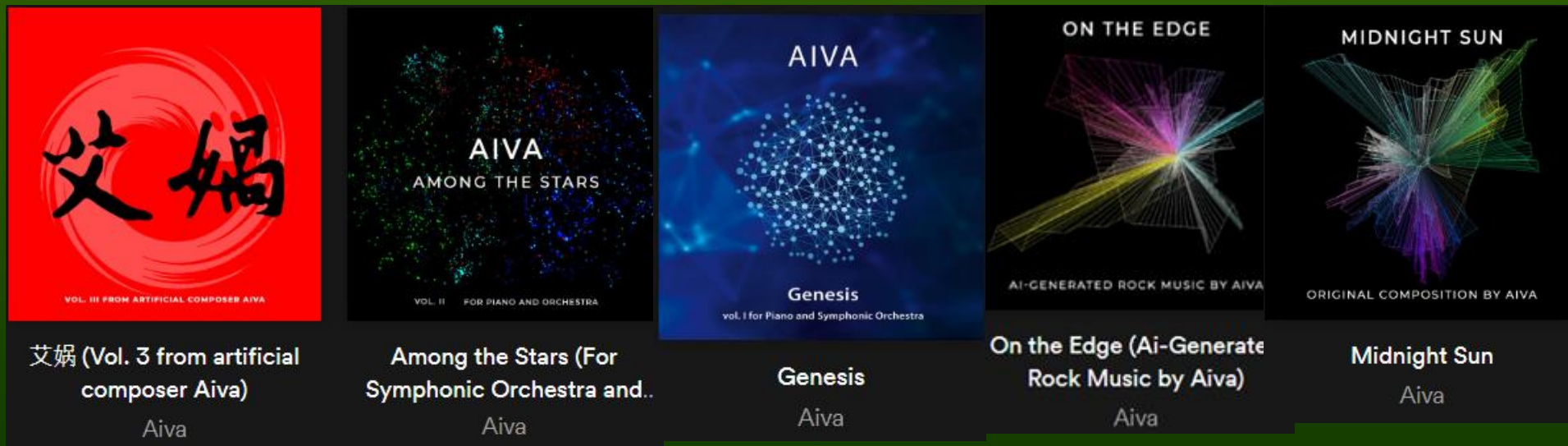
LA Gatys, AS Ecker, M Bethge, A Neural Algorithm of Artistic Style (2015)

Kreatywność: AI Virtual Artist

AIVA – AI Virtual Artist, przyjęty do SACEM (Stowarzyszenie Autorów, Kompozytorów i Wydawców Muzycznych Francji), 239 utworów.

AIVA YouTube channel, Youtube „Letz make it happen”, Op. 23

SoundCloud channel Spotify i Apple channel



Duch W, Intuition, Insight, Imagination and Creativity.

IEEE Computational Intelligence Magazine 2(3), August 2007, pp. 40-52

Zwijanie białek



AlphaFold 2 wykorzystując głębokie uczenie przewiduje ponad 2/3 struktur białek z dokładnością równoważną eksperymentalnej!

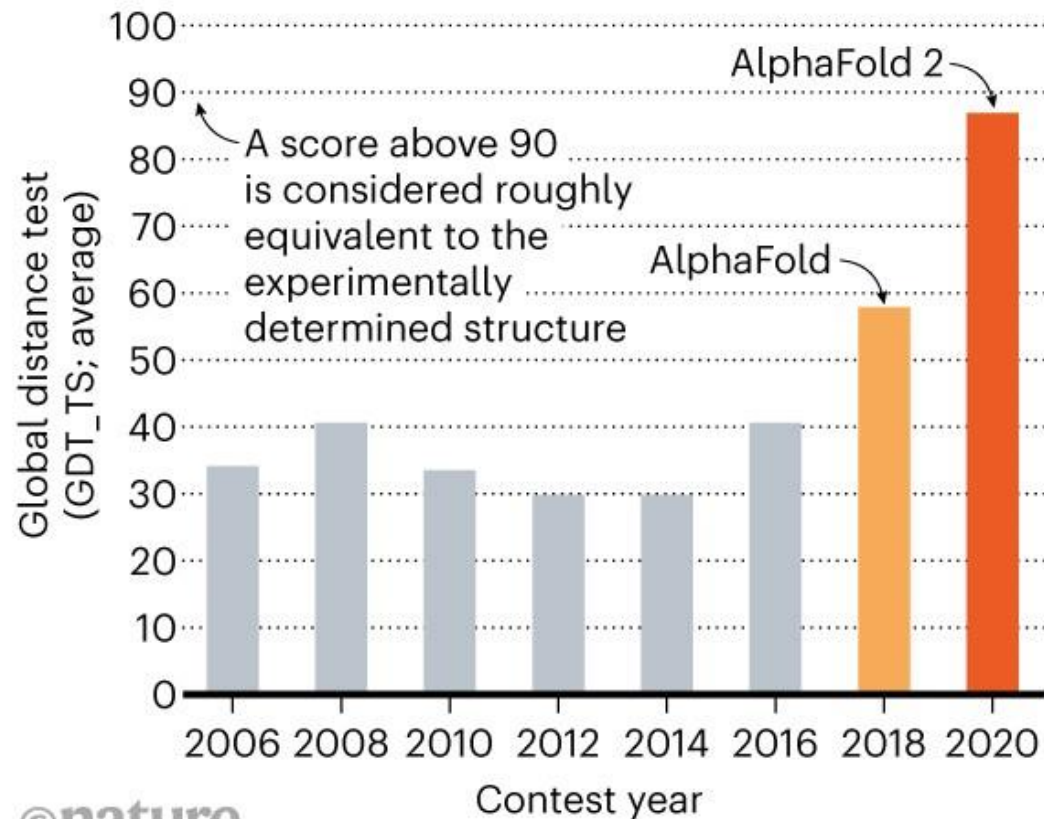
[Nature, 30.11.2020](#)

Rozpoznawanie struktur + uczenie się + wnioskowanie.

Przewidywanie struktur białek na podstawie sekwencji aminokwasów jest podstawą poszukiwania białek i projektowania leków o pożądanym własnościach.

STRUCTURE SOLVER

DeepMind's AlphaFold 2 algorithm significantly outperformed other teams at the CASP14 protein-folding contest — and its previous version's performance at the last CASP.

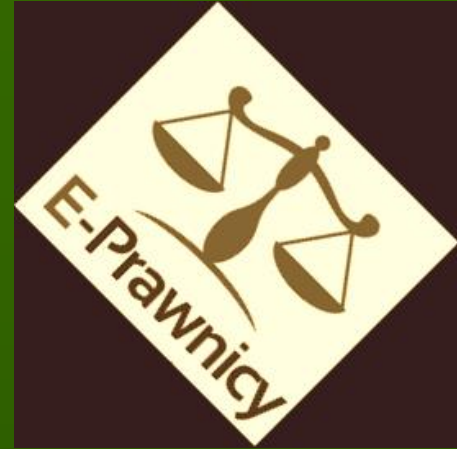


Ginące zawody

- World Economic forum: 85 mln utraconych miejsc pracy do 2025 roku, za to wzrost w ITC/AI. „Dying professions”:
- 200.000 telemarketerów, call/contact center w Polsce.
- Agenci biur podróży.
- Brokerzy kredytów hipotecznych, urzędnicy bankowi ...
- Urzędnicy pocztowi, sprzedawcy, kasjerzy ...
- Pracownicy administracji, księgowości ...
- Mechanicy, operatorzy maszyn, naprawy urządzeń ...
- Kierowcy ciężarówek i taksówek, rolnicy ...
- Dziennikarze, reporterzy, księgarze, architekci, fotografowie, artyści ...
- Prawnicy, menedżerowie średniego szczebla ...
- Naukowcy? Informatycy?



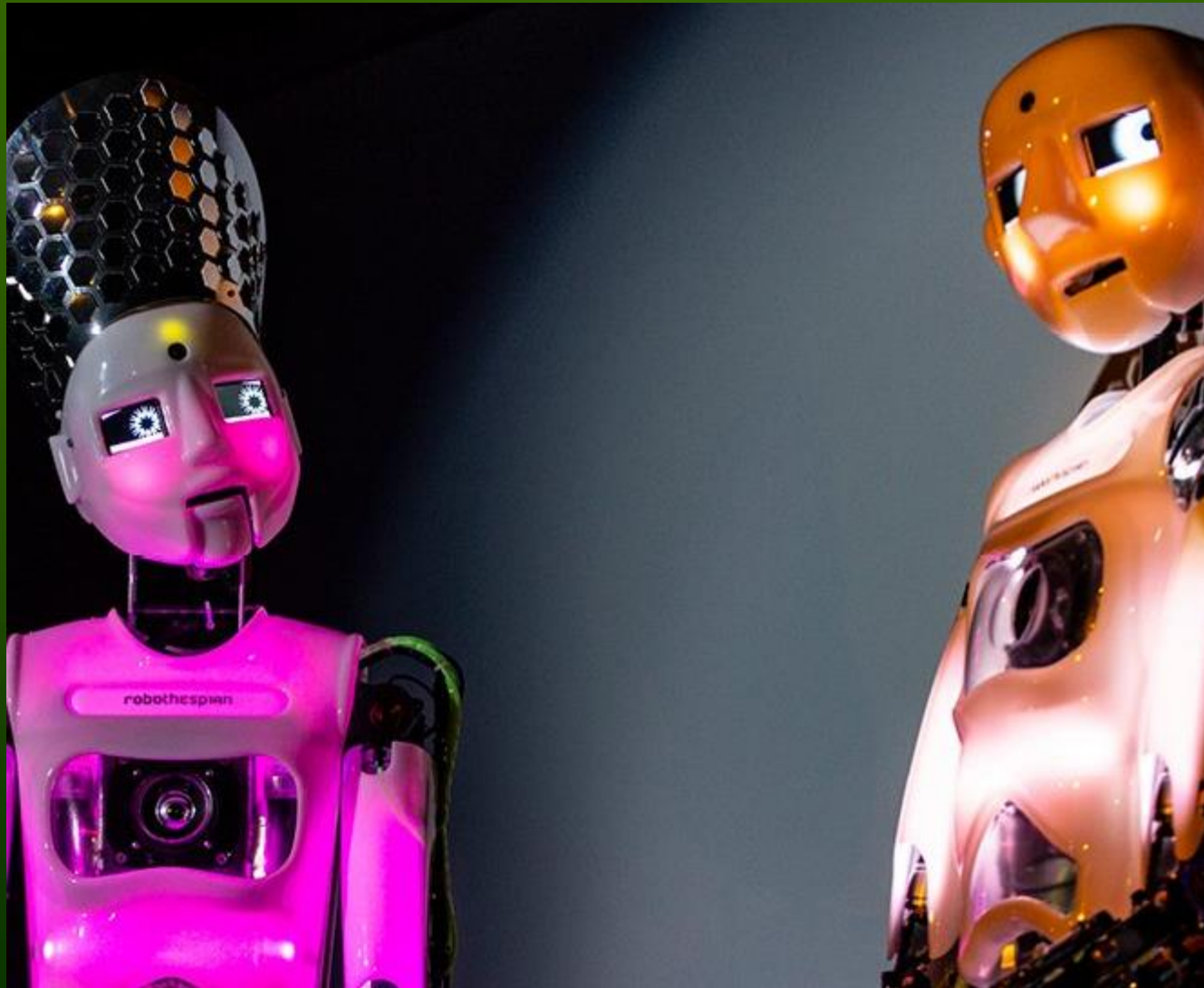
Prawnicy



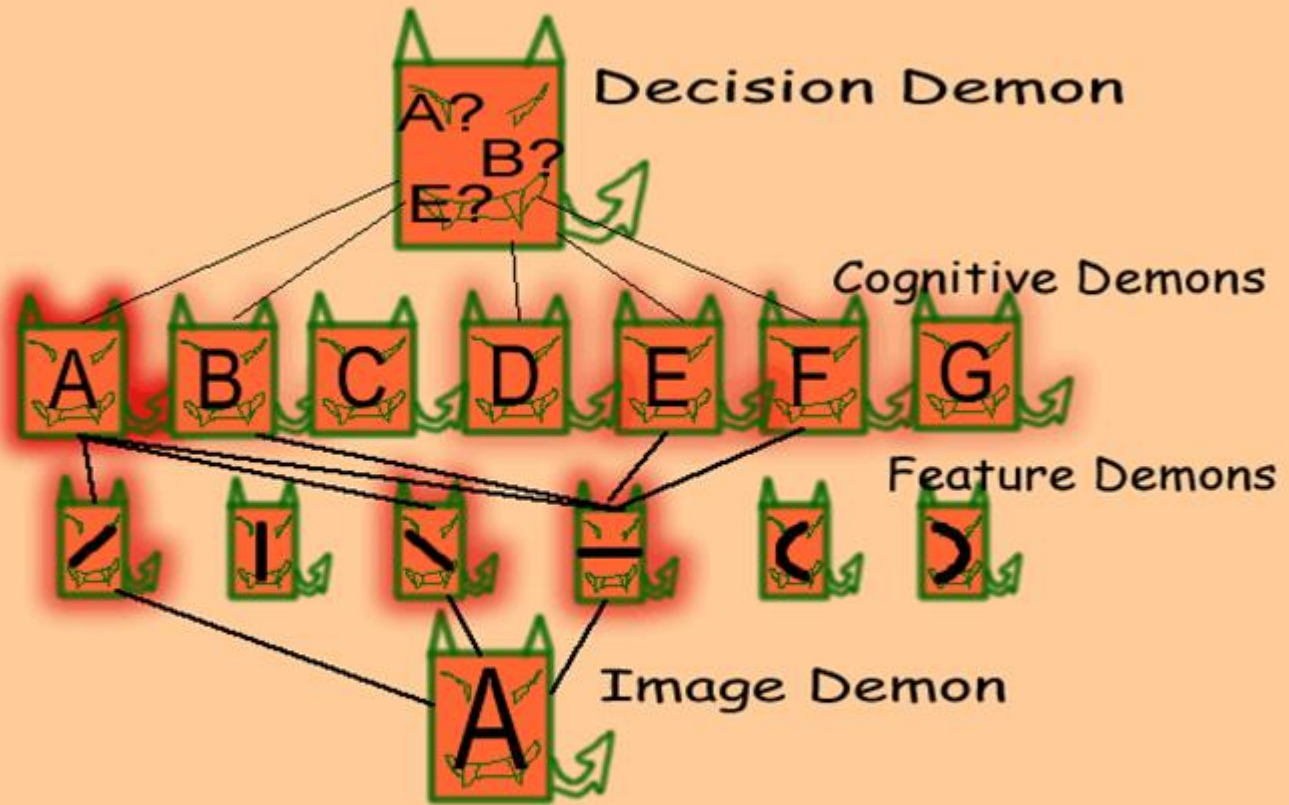
Prawnicy: EMERJ.com – automatyzacja 6 kategorii:

1. Zbieranie informacji, przegląd umów, badania prawne i elektroniczne wykrywanie nieścisłości.
 2. Prognozowanie wyniku postępowania sądowego.
 3. Analityka prawna – dane z wcześniejszego orzecznictwa, wskaźniki wygranych/przegranych, historia sędziego, badanie trendów i wzorców.
 4. Automatyzacja wypełniania dokumentów na podstawie danych.
 5. Własność intelektualna, analiza dużych portfeli własności intelektualnej ...
 6. Fakturowanie elektroniczne.
- WhatSun Exterro – ze 100 prawników zostało 5 dzięki e-Discovery.
 - JP Morgan – COIN (Contract Intelligence) w parę sekund ocenia 150 cech z 12 000 umów kredytowych i kontraktów, to ok. 36 000 godz. pracy. Rocznie mniej o 12 000 błędów w analizowanych kontraktach.
 - eBrevia – podsumowanie i analiza dokumentów, pisanie raportów. 50 długich umów < 1 minuty, 10% mniej błędów.

S. Lem: O królewiczu Ferrycym i królownie Krystali.
Inteligentne bladawce? Czy to możliwe?



Sieci Neuronowe: Selfridge's Model (1959)



Based on:

Selfridge, O. G. (1959). *Pandemonium: A paradigm for learning*. In *Symposium on the mechanization of thought processes* (pp. 513-526). London: HM Stationery Office.

A Sensory Stimulus

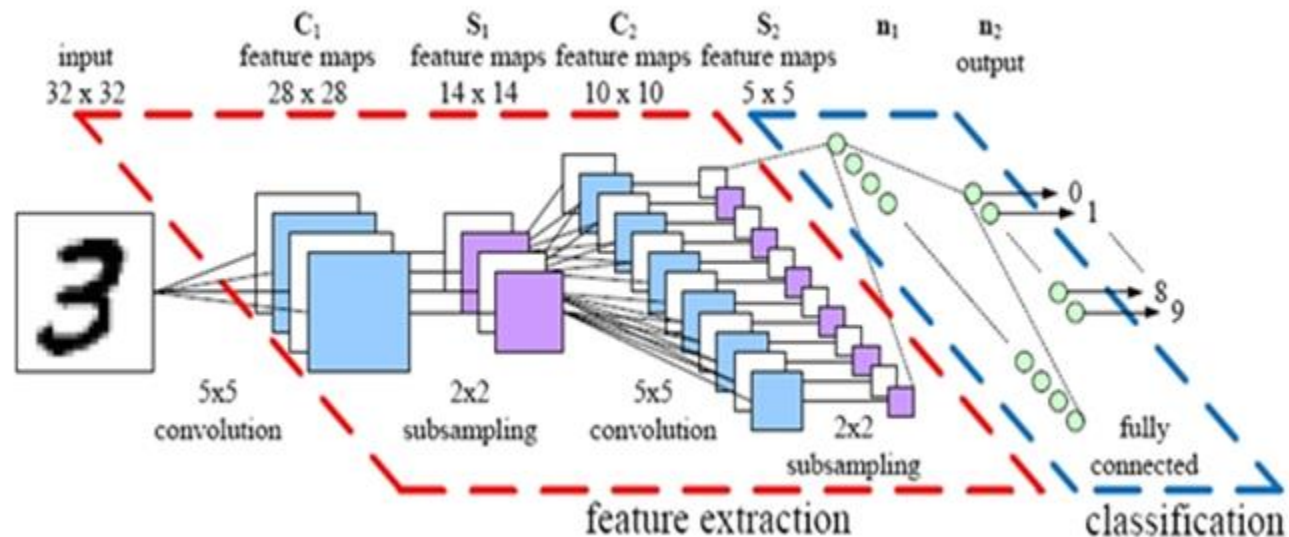
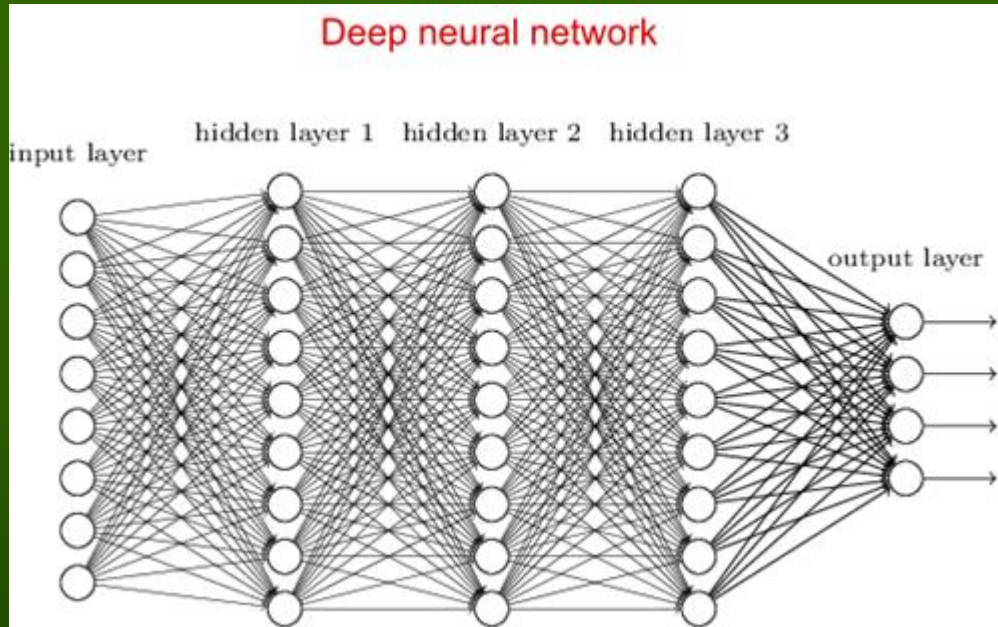
Tensorization of Convolutive Deep Learning NN

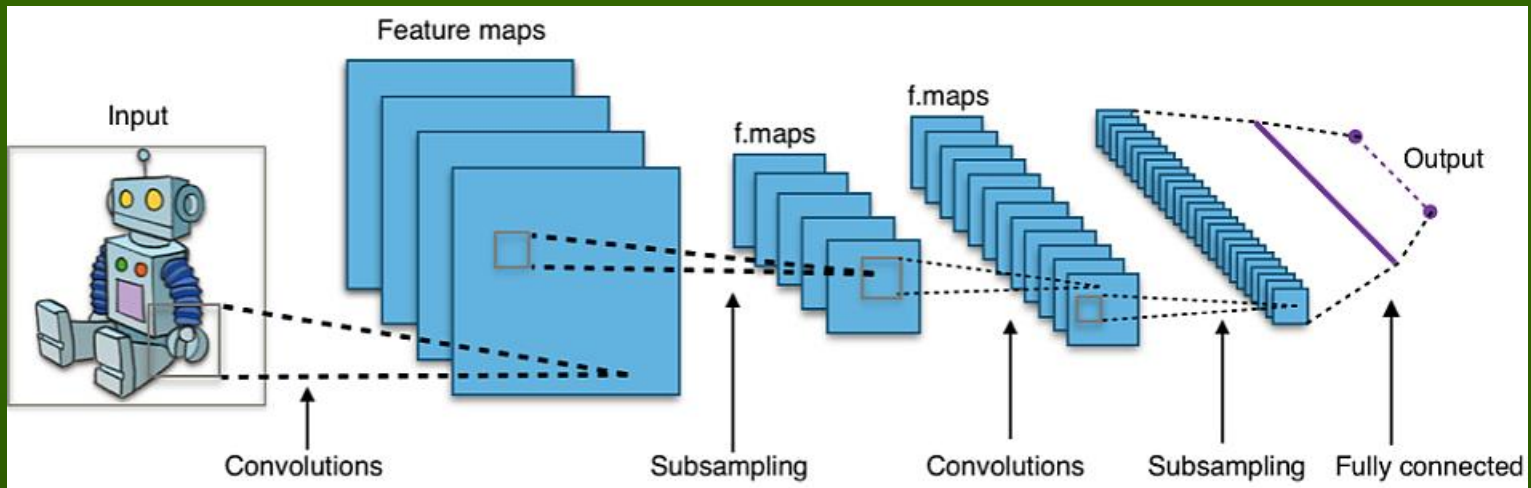
Większość sieci neuronowych to wiele prostych elementów, realizujących elementarne nieliniowe funkcje (np. kawałkami liniowe ReLu), wymieniające informacje przez ustalone połączenia, korygujące adaptacyjne współczynniki by nauczyć się transformacji. Algorytmy uczenia (backprop) nie mają dobrych biologicznych podstaw.

Ex: tensor networks
Cichocki Lab, RIKEN BSI

[WD: Support Feature Machines](#) (2011).

Nie wiemy jak używać oscylatorów do obliczeń.

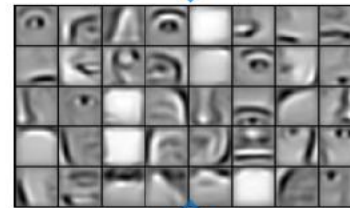




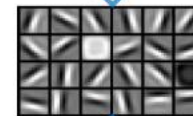
Feature representation



3rd layer
"Objects"



2nd layer
"Object parts"

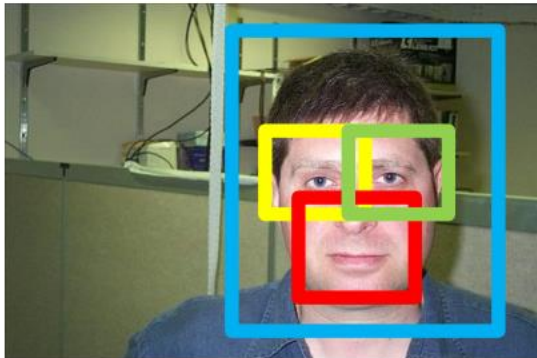


1st layer
"Edges"



Pixels

Input data



Lee et al., ICML 2009;
CACM 2011

Studies in Computational Intelligence 63

Włodzisław Duch
Jacek Mańdziuk (Eds.)

Challenges for Computational Intelligence

 Springer

Studies in Computational Intelligence 358

Norbert Jankowski
Włodzisław Duch
Krzysztof Grąbczewski (Eds.)

Meta-Learning in Computational Intelligence

 Springer

Studies in Computational Intelligence 498

Krzysztof Grąbczewski

Meta-Learning in Decision Tree Induction

 Springer

Meta-uczenie, czyli jak się uczyć by się móc uczyć, odkrywanie nowych modeli. Transformation-based learning, Support Feature Machines, Universal Learning Machines i wiele innych ciekawych pomysłów – prace [na tej stronie](#).

AI i rozwój nauki

Cykl badań naukowych

1. Explore the scientific literature

Find the most relevant papers in a sea of millions, track new topics as they emerge.



Semantic Scholar

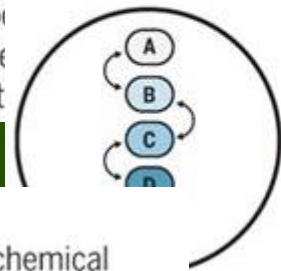
A search engine that extracts not just words from papers, and "influential

Iris.AI

A browsing tool for scientific paper concepts that

2. Design experiments

Find the right trade-off between exploration of ground and exploitation of well-trodden pheno



Zymergen

A company with an AI that tracks thousands of variables while trying to grow a new microbe genome (main story, p. 18)

3. Run experiment

Keep track of thousands of tiny tubes, molecules, and cells, minimizing the imprecision and mistakes that ruin careers.

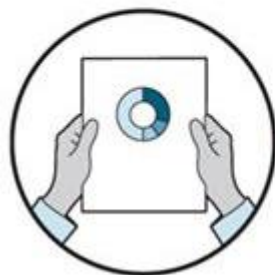


Transcriptic, Emerald Cloud Lab

Cloud-based robotic laboratories for remotely doing automated molecular and cellular biology experiments.

4. Interpret data

Make sense of the flood of genetic and biochemical results that now flow from biological experiments.

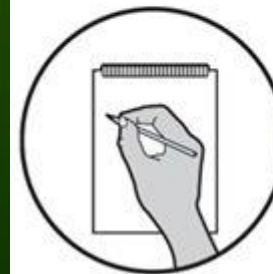


Nutonian

A software platform that ingests very large data sets and spits out a mathematical theory that explains the patterns in the data.

5. Write scientific paper

So far the closest thing to a paper-writing AI is a postdoc. But even writing papers can be enhanced with software that can read the draft of your paper.



Citeomatic

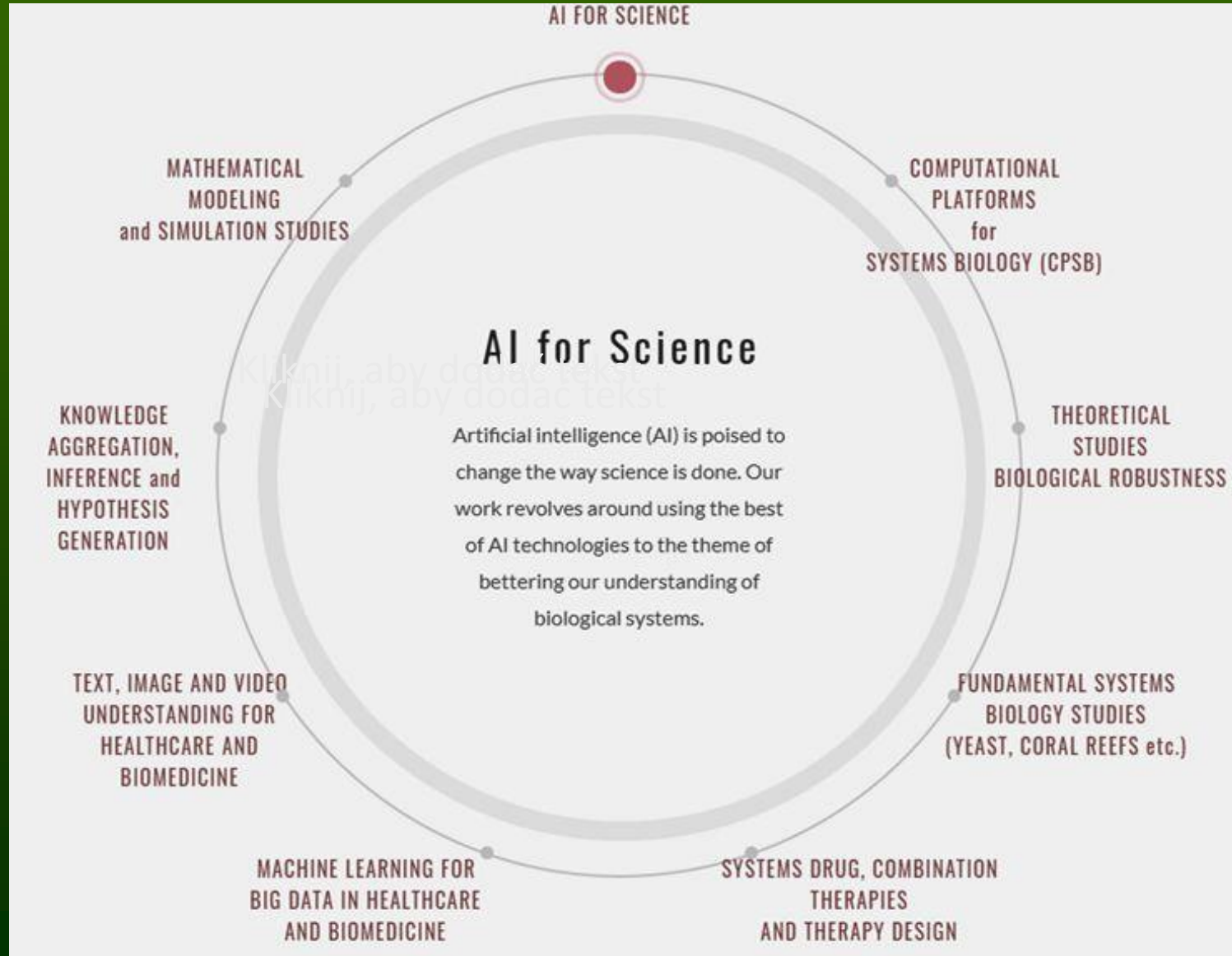
A free online tool that reads your paper and predicts what citations are missing.

Czy nauka może wykorzystać systemy AI uczące się dzięki istniejącej literaturze?
Science 2017, Cyberscientist: ... the ultimate goal is "to get rid of human intuition".

Garuda Tools z SBI

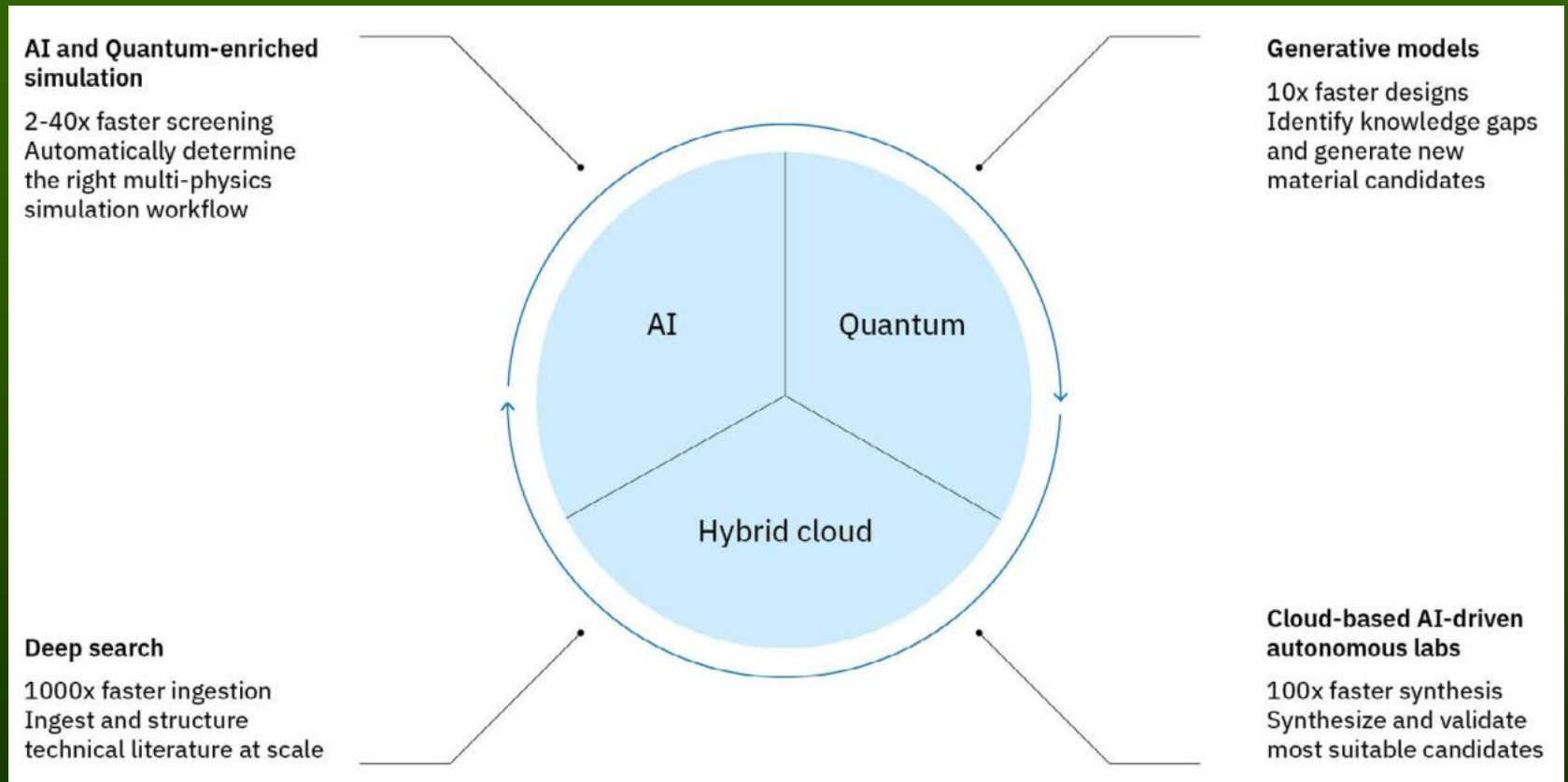
H. Kitano Nobel Turing Challenge: creating the engine for scientific discovery.

Garuda: open, community-driven, common platform. A framework to connect, discover and navigate through applications, databases and services in biology and medicine.



Przyspieszanie odkryć (IBM)

Przykład IBM: wspomaganie projektowania materiałów.



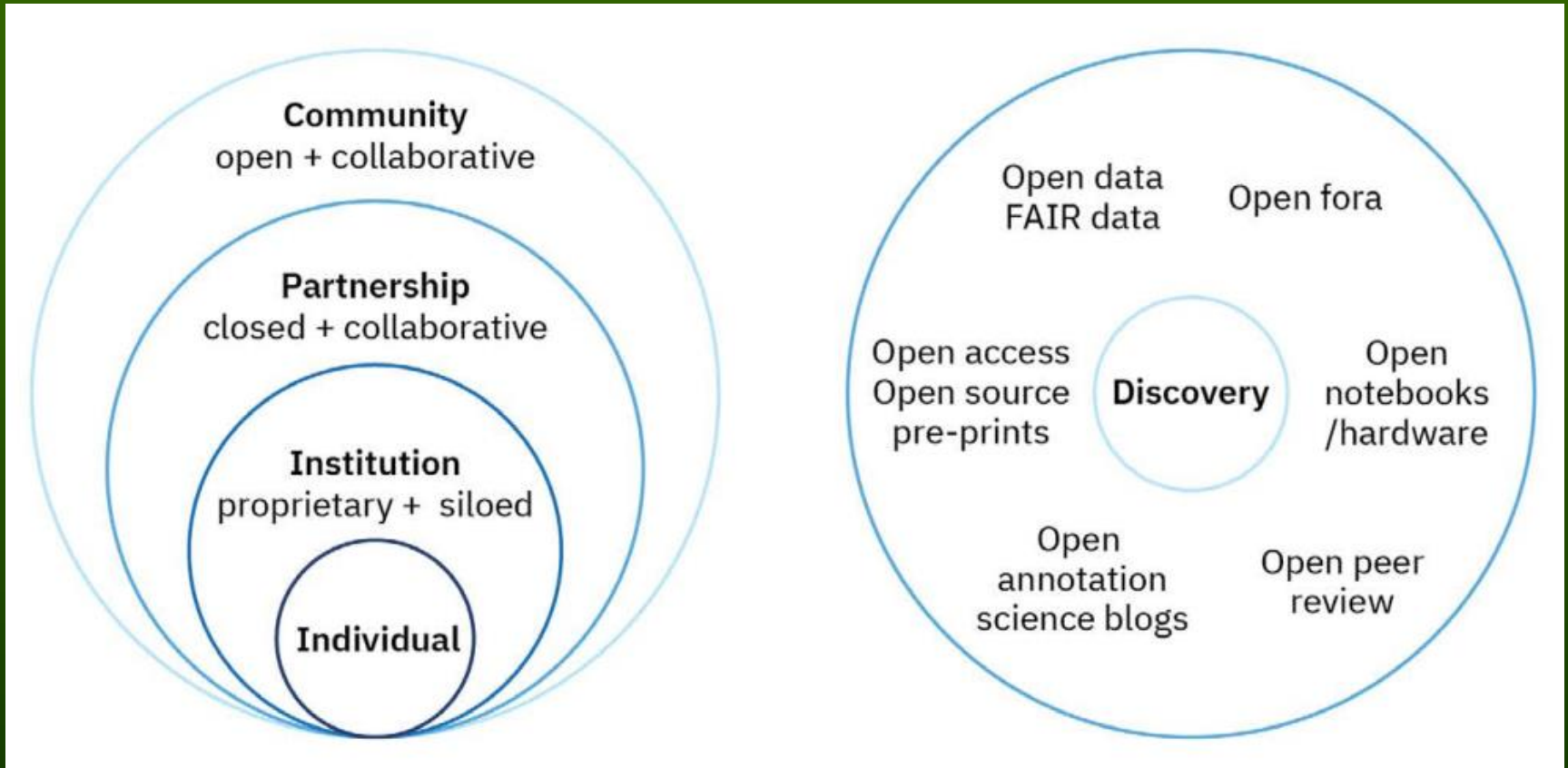
Communities of Discovery – nowy paradygmat uprawiania nauki.

Narzędzia AI na wszystkich etapach badań: Speed-up, scale-up, scale out!

Lista narzędzi wspomagających pracę naukową [Labworm list](#).

Communities of Discovery

Udostępnianie zasobów i umiejętności w otwartym środowisku współpracy.



[COVID-19 High Performance](#) Computing to wielkie publiczno-prywatne partnerstwo badań w dziedzinie medycyny molekularnej, własności białek, epidemiologii, konsorcjum wielkich instytucji rządowych i prywatnych.

[JEDI challenge](#), badania przesiewowe, etap I: 54 mld molekuł COVID-19.

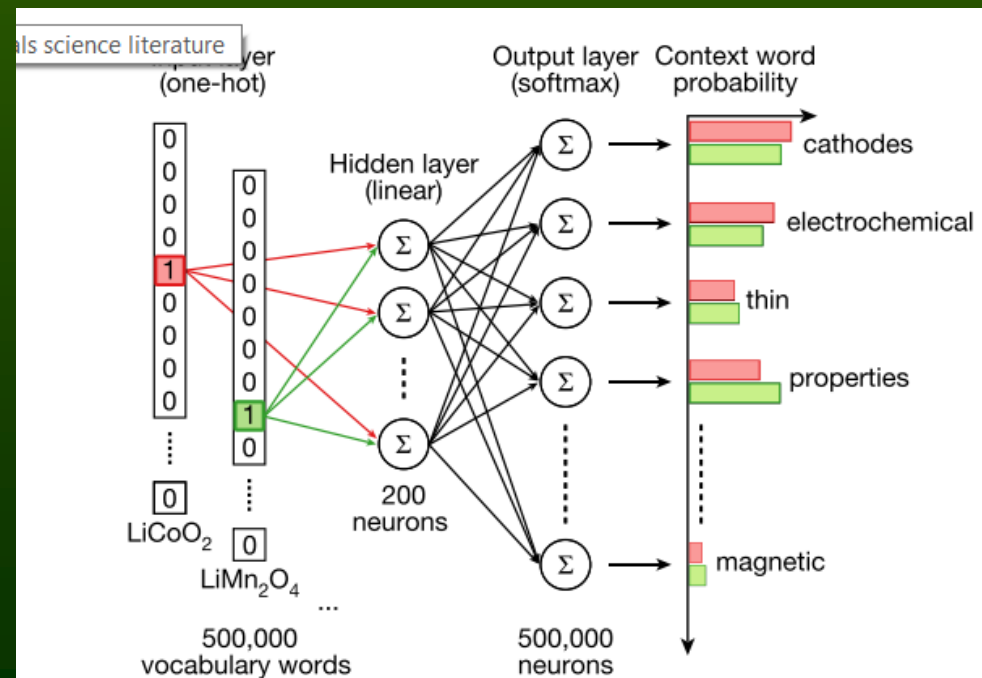
Projektowanie materiałów

Tshitoyan, V. ... Jain, A. (2019). Unsupervised word embeddings capture latent knowledge from materials science literature. [Nature, 571\(7763\), 95.](#)

Wiedza o materiałoznawstwie obecna w opublikowanej literaturze może być skutecznie zakodowana jako gęsta informacyjna reprezentacja pojęć. Bez żadnego wyraźnego wprowadzenia wiedzy chemicznej można przedstawić złożone koncepcje, takie jak podstawowa struktura układu okresowego pierwiastków i relacje między strukturą a właściwościami materiałów.

Nienadzorowana metoda może polecić materiały do zastosowań funkcjonalnych kilka lat przed ich odkryciem na podstawie wcześniejszych publikacji.

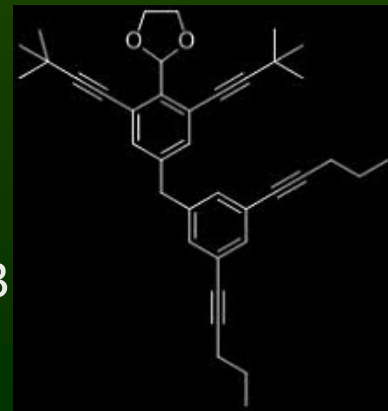
GPT Crush: zastosowania w biznesie, projektowaniu, edukacji, filozofii, badaniach, kreatywnym pisaniu i wielu innych dziedzinach.



Chemia/materiały

- N. Nosengo, “Can you teach old drugs new tricks?” *Nature*, 534, (2016), 314
- L. Himanen, A. Geurts, A. S. Foster, P. Rinke, Data-Driven Materials Science: Status, Challenges, and Perspectives. *Advanced Science*, 2019.
- A. C. Vaucher, F. Zipoli, J. Geluykens, V. H. Nair, P. Schwaller, T. Laino, Automated extraction of chemical synthesis actions from experimental procedures. *Nature Communications*, 2020.
- P. Staar, M. Dolfi, C. Auer. Corpus Processing Service: A Knowledge Graph Platform to perform deep data exploration on corpora. *Authorea* 2020.
- C.W. Coley, N.S. Eyke, K.F. Jensenz, Autonomous discovery in the chemical sciences part I: Progress, part II: Outlook. *arXiv:2003.13754v1*, 2020.
- Ł. Maziarka, T. Danel, S. Mucha, K. Rataj, J. Tabor, S. Jastrzebski. Molecule Attention Transformer. *arXiv:2002.08264v1 [cs.LG]*, 2020.

Duch W and Diercksen GHF (1994) [Neural networks as tools to solve problems in physics and chemistry](#). *CPC* 82, 91-103



Neuro-inspiracije

Neuroscience => AI



Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., Botvinick, M. (2017). **Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence**. *Neuron*, 95(2), 245–258.

Affiliations: **Google DeepMind**, Gatsby, ICN, UCL, Oxford.

Bengio, Y. (2017). The **Consciousness Prior**. *ArXiv:1709.08568*.

Amos et al. (2018). **Learning Awareness Models**. ICRL, *ArXiv:1804.06318*.

Poggio T, talk in Toruń, Feb 2020.

AI Systems inspired by Neural Models of Behavior:

- (A) **Visual attention** foveal locations for multiresolution “retinal” representation, prediction of next location to attend to.
- (B) **Complementary learning systems** and episodic control: fast learning hippocampal system and parametric slow-learning neocortical system.
- (C) Models of **working memory** and the Neural Turing Machine.
- (D) Neurobiological models of **synaptic consolidation**

SANO new Centre for Individualized Computational Medicine in Kraków (EU Team project, with Sheffield Uni, Fraunhofer Society, Research Centre Juelich).

AI=>Neuroscience



ML techniques are basic tools for analysis of neuroimaging data.

Ideas from animal psychology helped to give birth to reinforcement learning (RL) research. Now **key concepts from RL inform neuroscience**.

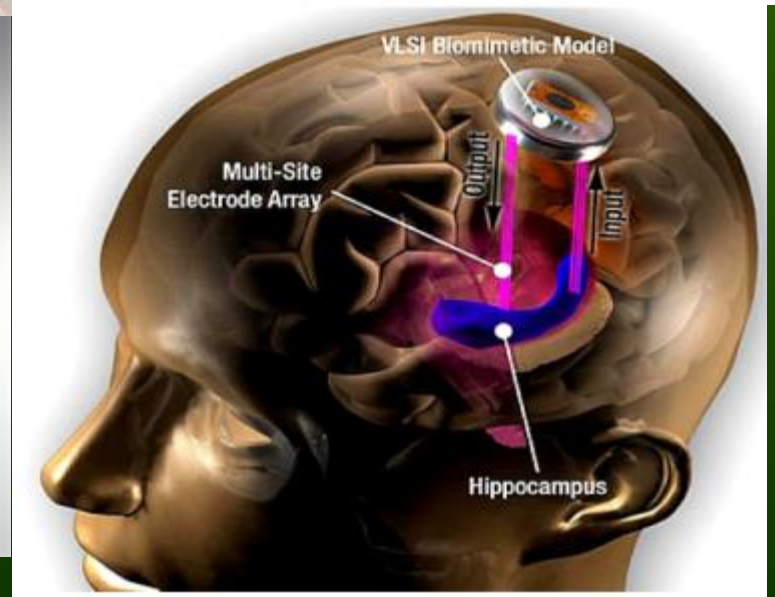
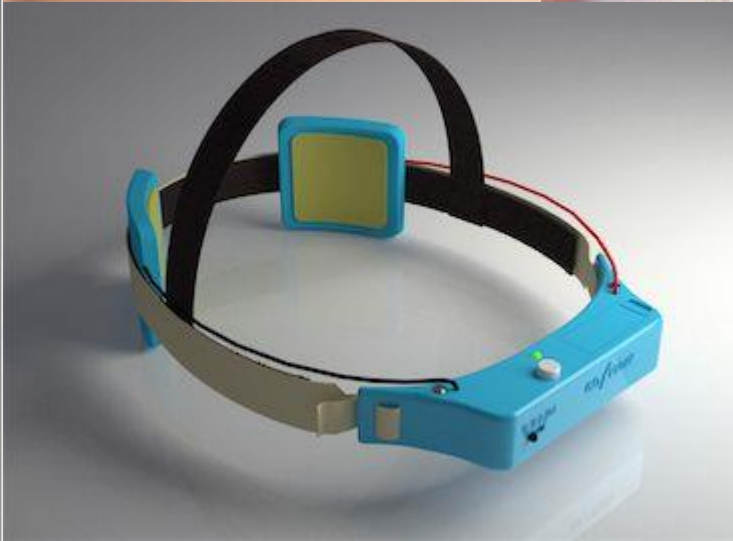
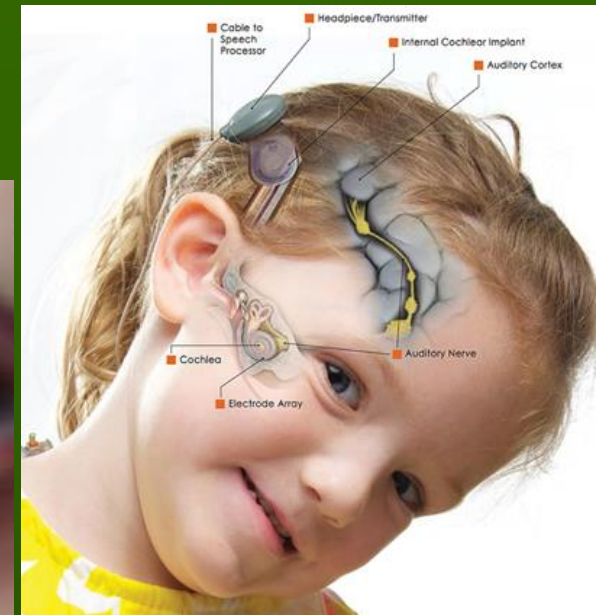
Activity of midbrain dopaminergic neurons in conditioning paradigms has a striking resemblance to temporal difference (TD) generated prediction errors - **brain implements a form of TD learning!**

CNN \Leftrightarrow interpret neural representations in high-level ventral visual stream of humans and monkeys, finding evidence for deep supervised networks.

LSTM architecture provides key insights for development of working memory, gating-based maintenance of task-relevant information in the prefrontal cortex.

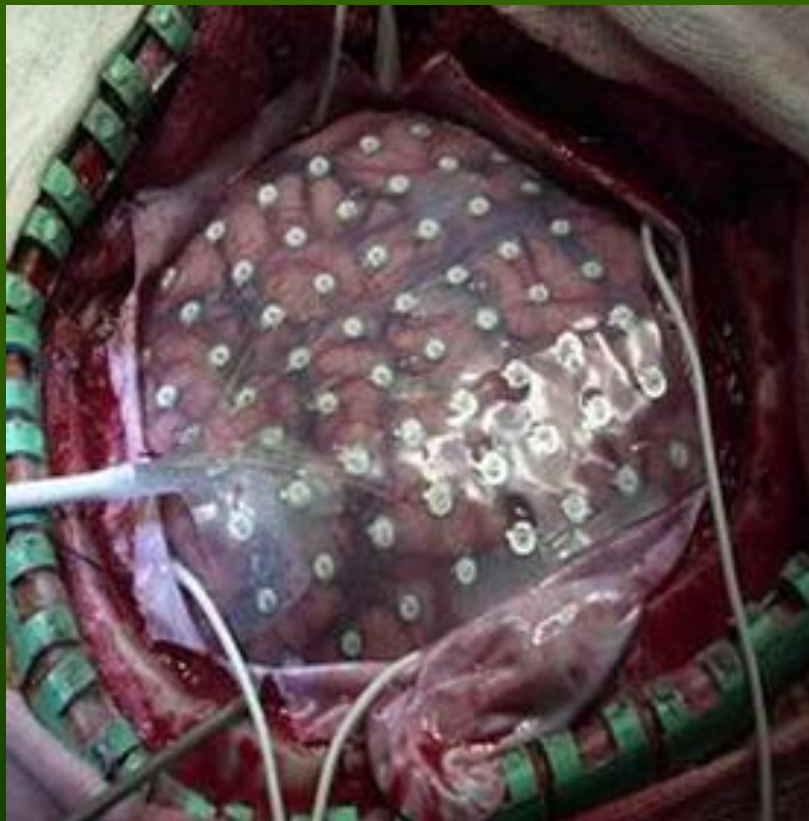
Backpropagation with symmetric feedback and feedforward connectivity is not realistic, but **random backward connections** allow the backpropagation algorithm to function effectively through a process whereby adjustment of the forward weights allows backward projections to transmit useful teaching signals.

Wzmocnienie



Poszerzenie zmysłów: wzroku, słuchu, dotyku, pamięci, uwagi ... Udoskonalanie mózgow przez dodawanie nowych zmysłów (Eagleman, Livewired 2020).

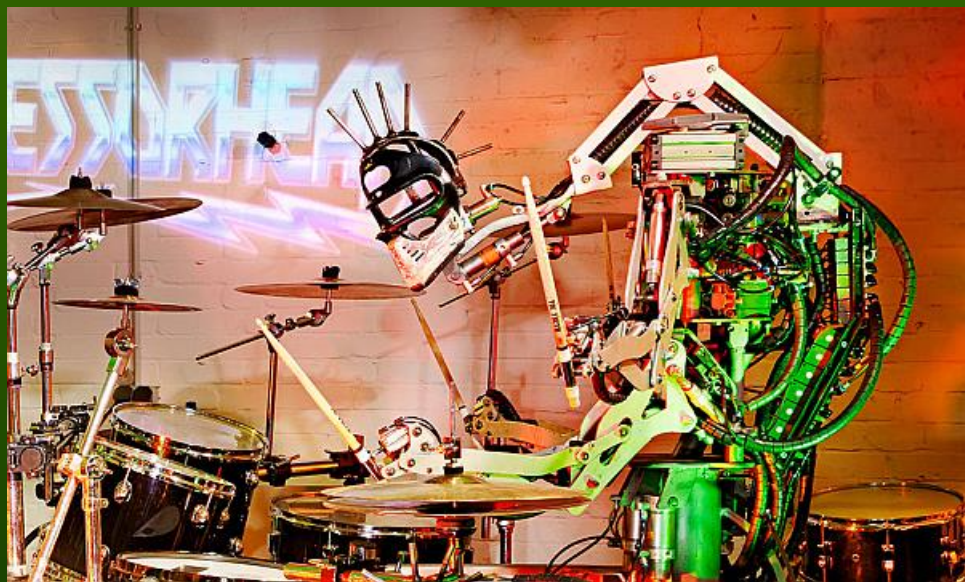
Interfejsy mózg-komputer



Osoby cierpiące na chorobę Parkinsona lub zaburzenia kompulsywno-obsesyjne, które mają wszczepione stymulatory w mózgu, mogą regulować swoje zachowanie za pomocą zewnętrznego kontrolera.

Co tu zrobić z dodatkową ręką?

Gdybym był ośmiornicą ... to bym grał na perkusji!

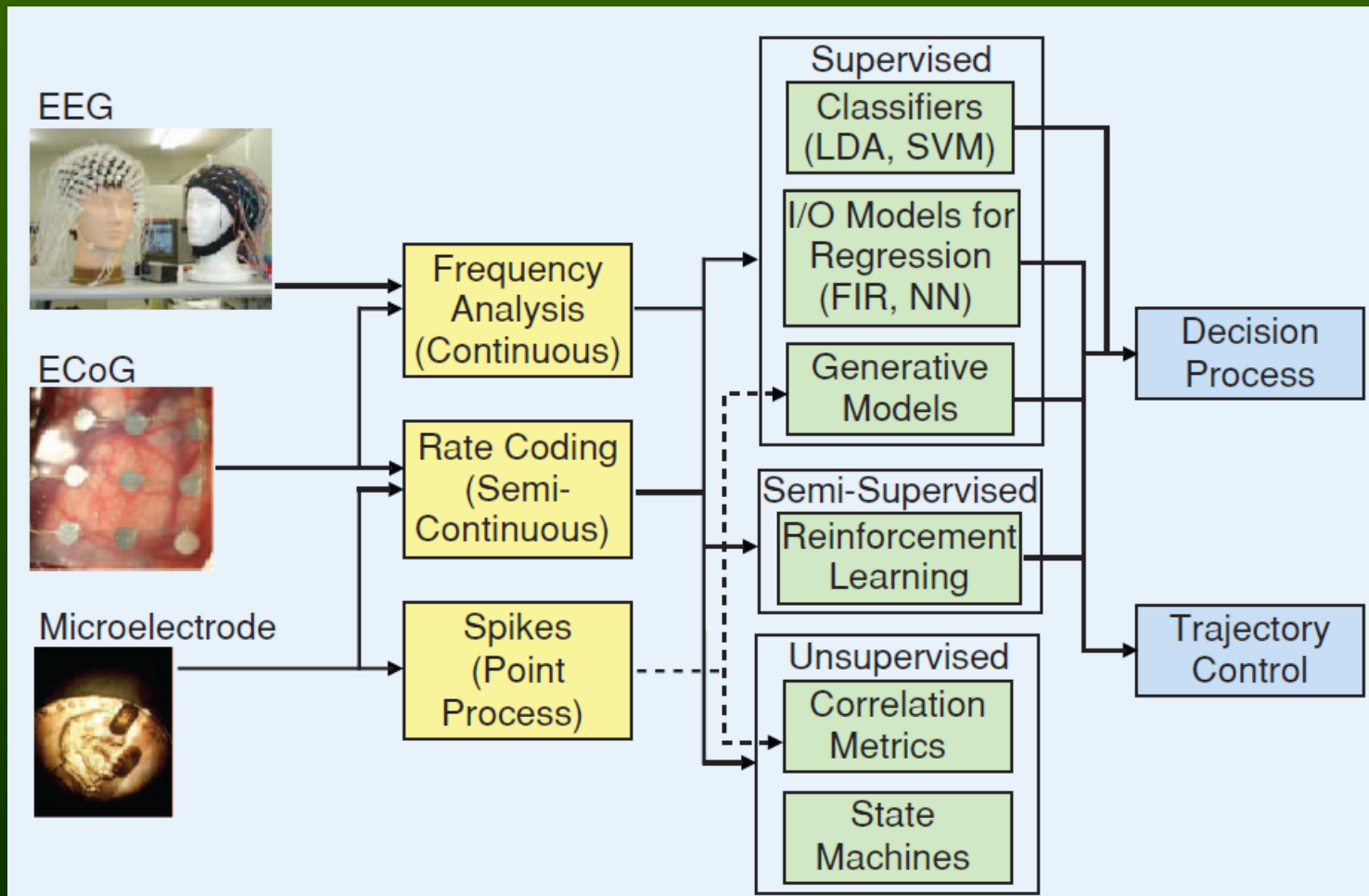


A gdybym był robotem to bym dopiero zagrał ...

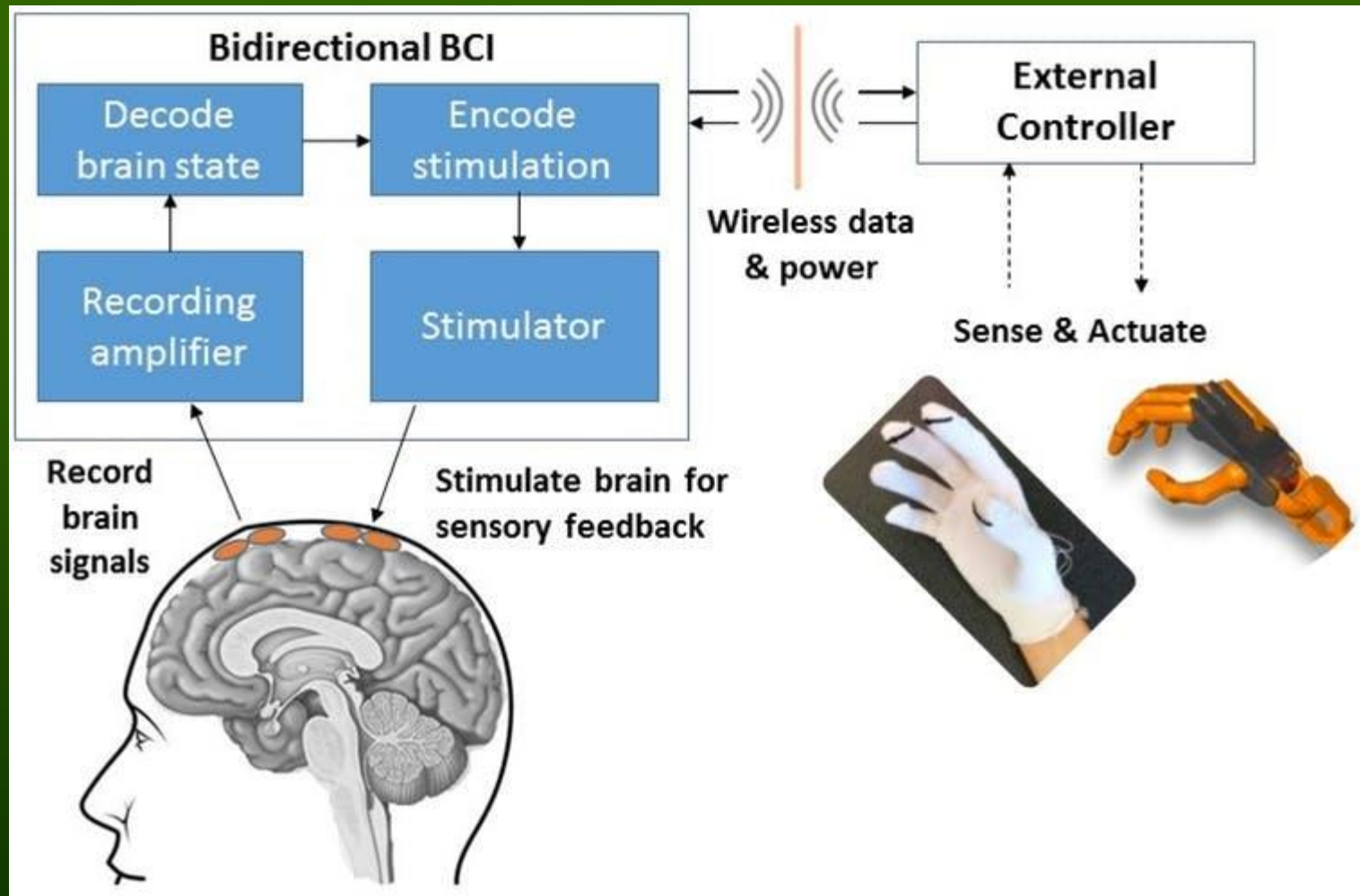
Grupa robotów [Compressorhead](#) jeździ na tourne po świecie.

BCI: czas podłączyć mózgi ...

Metody nieinwazyjne, częściowo inwazyjne i inwazyjne niosą coraz więcej informacji, ale są też trudniejsze do wdrożenia. EEG+ML wciąż króluje!



BCBI: Mózg-Komputer-Mózg

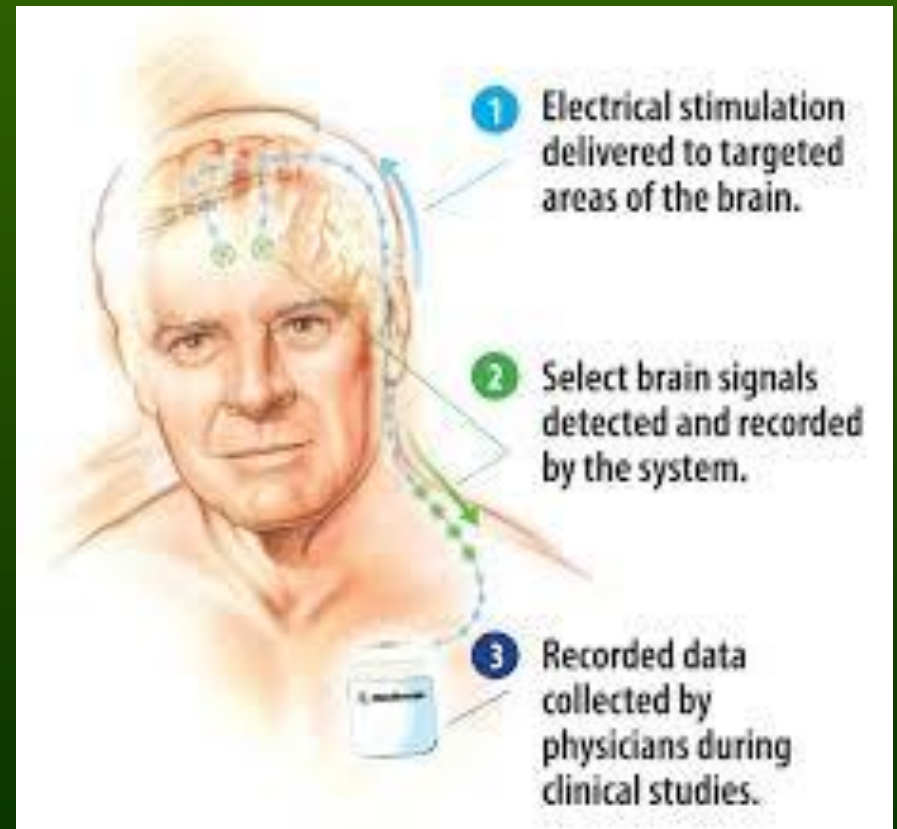


BCI + stymulacja mózgu = BCBI – zamknięta pętla, dzięki której mózg zaczyna się przebudowywać. Ciało można zastąpić sygnałami w Wirtualnej Rzeczywistości.

Głęboka stymulacja mózgu

Osoby cierpiące na chorobę Parkinsona lub zaburzenia kompulsywno-obsesyjne, które mają wszczepione stymulatory w mózgu, mogą regulować swoje zachowanie za pomocą zewnętrznego kontrolera.

Podkręćmy sobie mózg ... czy będzie można siebie zaprogramować?



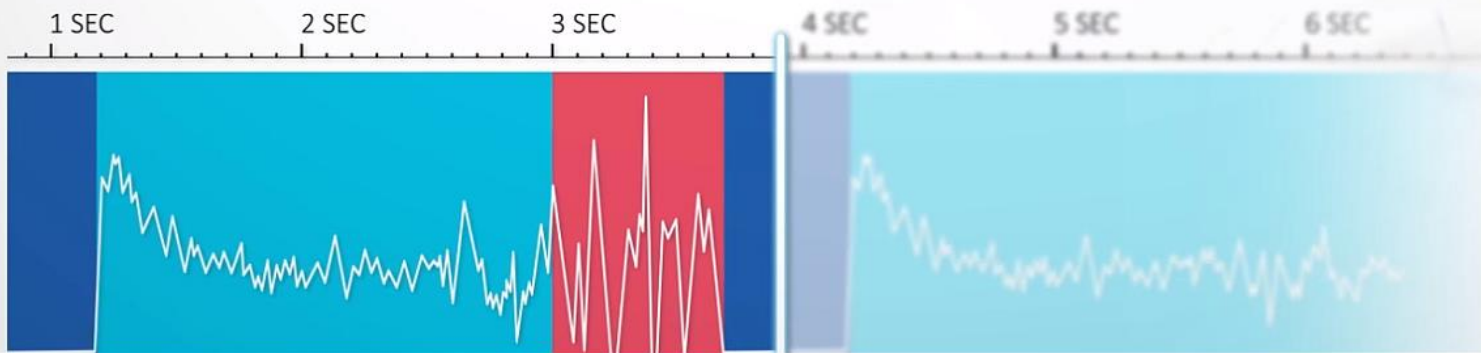
Padaczka

The RNS[®] System

Monitors brainwaves

Detects unusual activity

Responds in real time



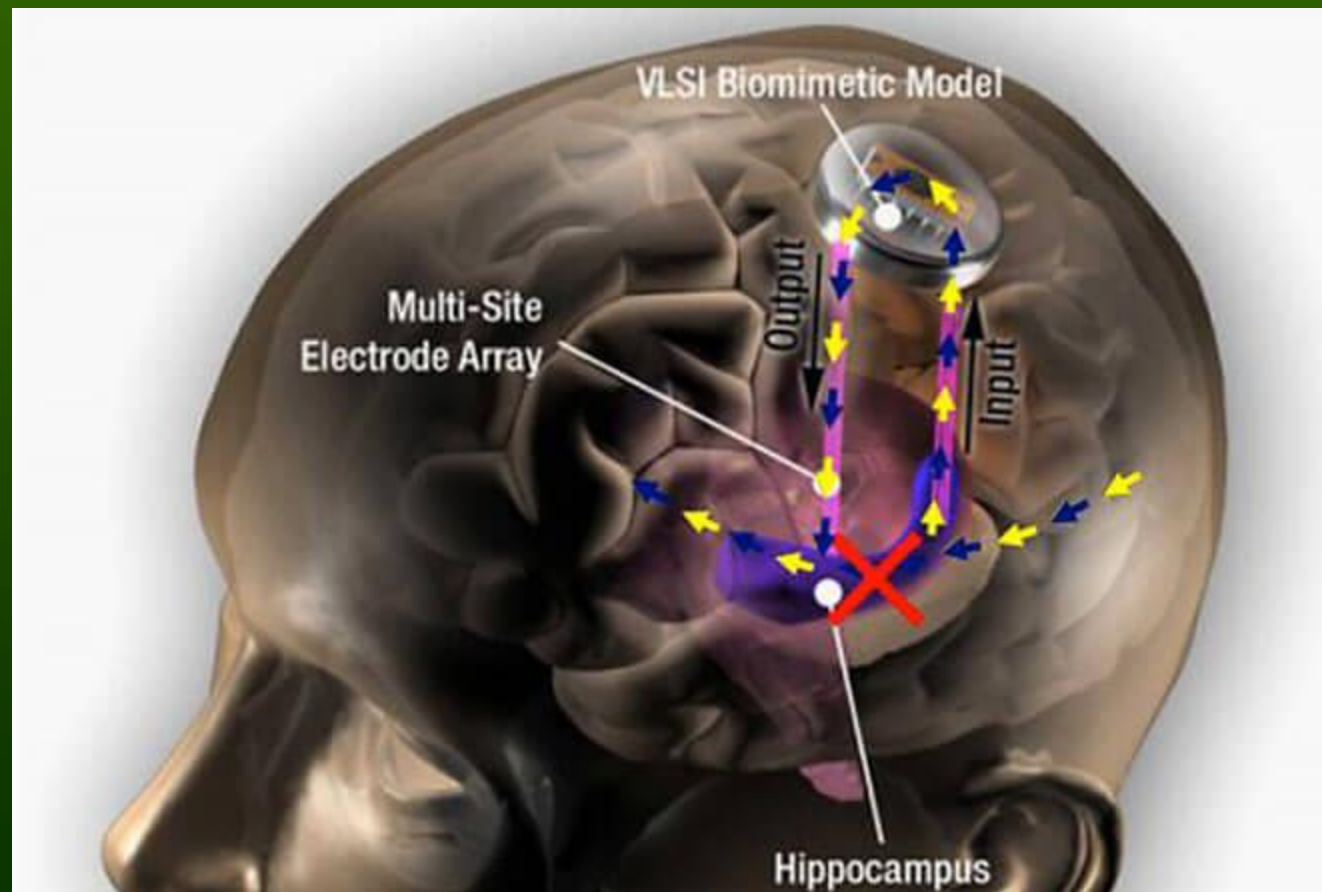
Neurostimulator i detektor powstrzymuje ataki padaczki lekoopornej zanim pojawią się skurcze. Około 1% ludzi na świecie ma padaczkę.

Implanty pamięci

Testy na szczurach, małpach, a w 2017 roku na 20 ludziach dały poprawę pamięci o 30% (na szczurach o 35%). Ted Berger (USC, [Kernel](#)) : Są dobre przesłanki by wierzyć, że integracja pamięci z elektroniką jest możliwa.

DARPA: program Restoring Active Memory (RAM), dla osób z uszkodzonym mózgiem (TBI), ma być nieinwazyjny.

Neurofeedback + neurostimulacja w zamkniętej pętli.



Milion nanodrutów w mózgu?

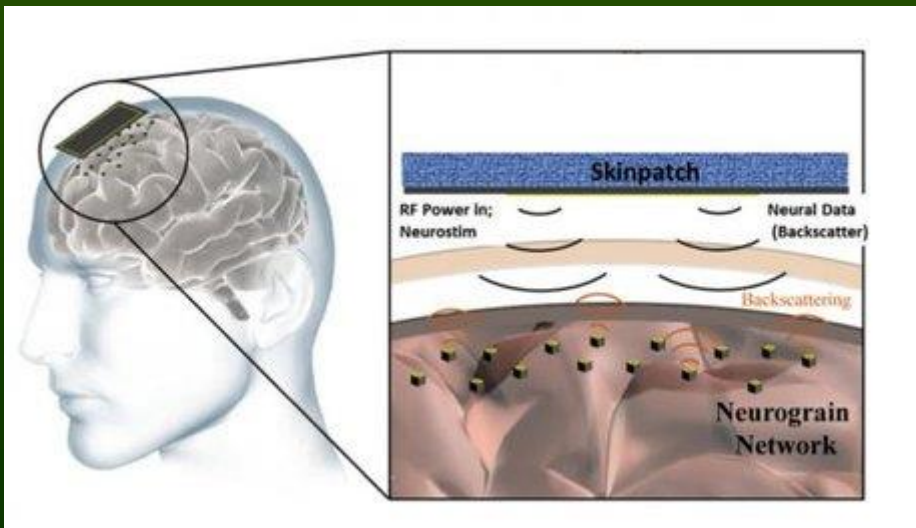
Inicjatywy DARPA: **Neural Engineering System Design (NESD)** i inne projekty.

Interfejs odczytujący impulsy 10^6 neuronów, pobudzający 10^5 neuronów, jednocześnie czytający i pobudzający 10^3 neuronów.

DARPA przyznała granty grupom badawczym na projekty w ramach programu Electrical Prescriptions (ElectRx), którego celem jest rozwój systemów BCBI modulujących aktywność nerwów peryferyjnych w celach terapeutycznych.

Neural dust – mikroskopijne bezprzewodowe sensory w mózgu.

Elon Musk i szumnie zapowiadana technologia neuralink (neural lace).



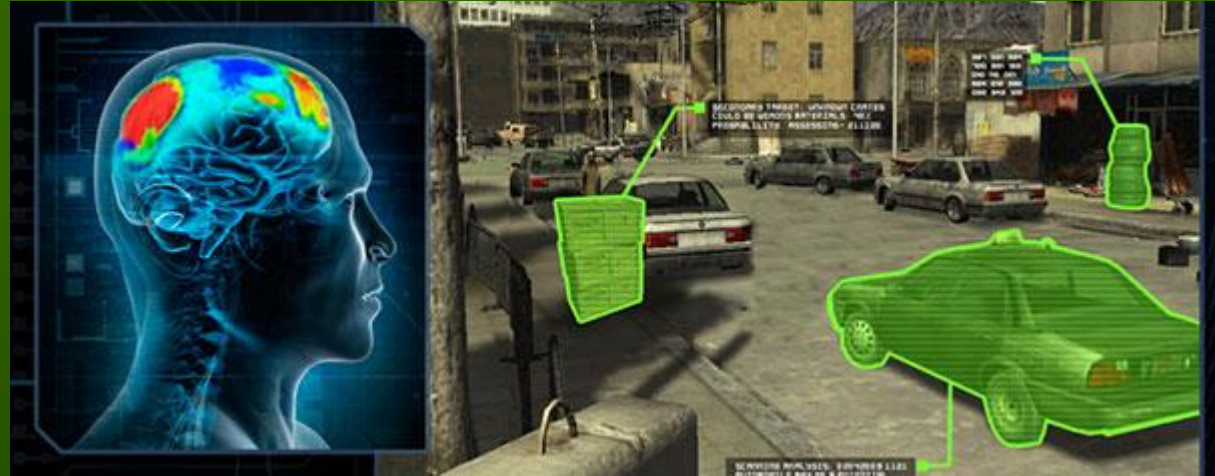
neural
lace
*ultra-thin
mesh*



Trenowanie mózgu

Engagement Skills Trainer (EST) to procedury treningu amerykańskich żołnierzy.

Intific Neuro-EST to technologia wykorzystująca analizę EEG i wielokanałowy stymulator przezczaszkowy (MtCS) do transferu umiejętności pomiędzy mistrzem i uczniem.



On the threshold of a dream ...

Cel: zoptymalizujemy procesy mózgowe!

Cały mózg jest zawsze aktywny, ale daleko nam do osiągnięcia swojego szczytu możliwości.

Aby naprawić uszkodzony mózg i zwiększyć wydajność zdrowych mózgów, powinniśmy:

- Szukać śladów aktywności struktur mózgu – regionów i podsięci – za pomocą nowych neurotechnologii.
- Tworzyć modele architektur poznawczych by zrozumieć jak przetwarzana jest informacja w mózgu.
- Opracować procedury diagnostyczne i terapeutyczne.
- Używać metod neurofeedback opartych na regulacji lokalnej aktywności i przepływu informacji.
- Stymulować neuroplastyczność monitorując aktywność mózgu i bezpośrednio go stymulując.



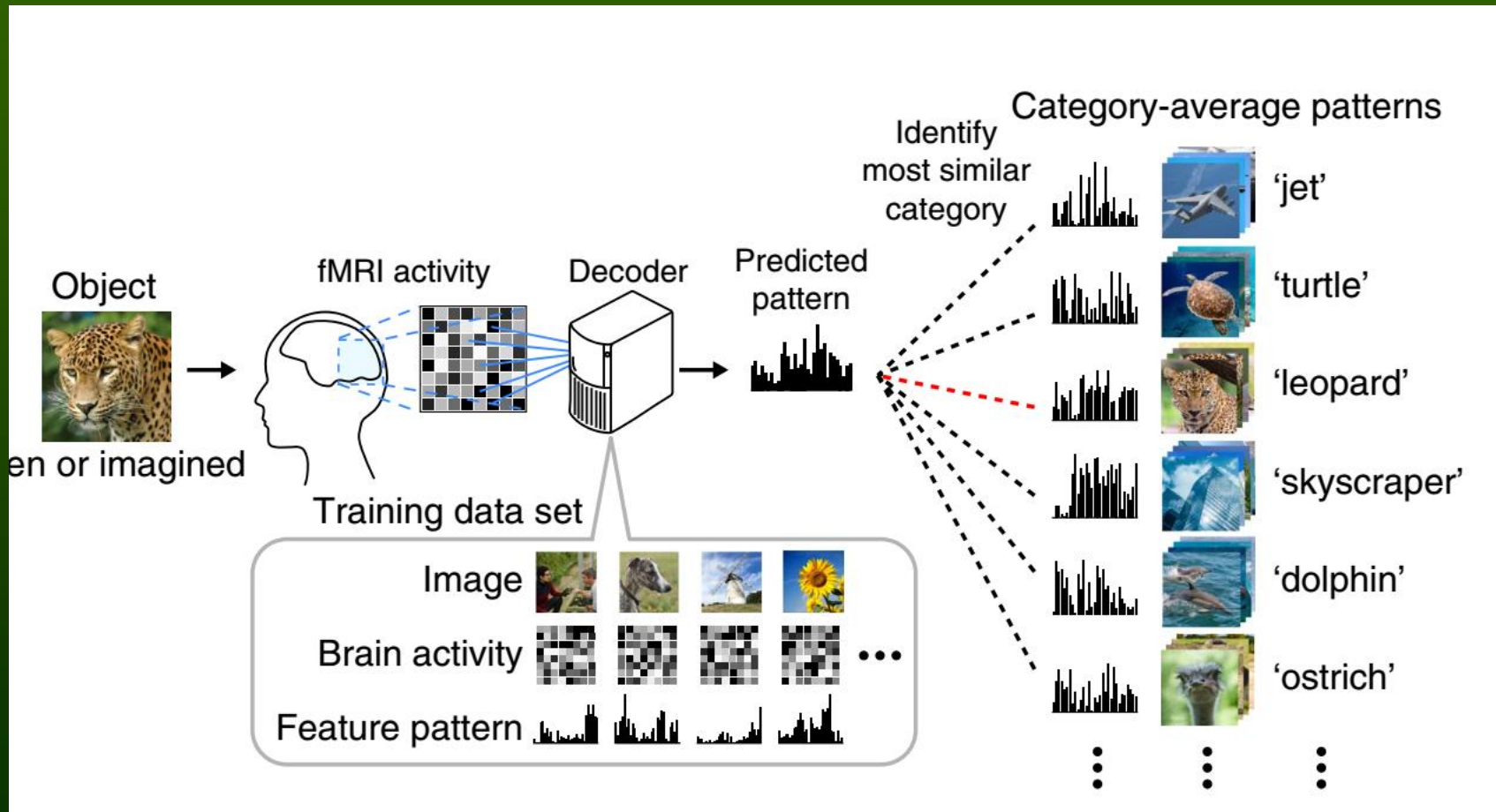
Na głowie mam G-tec wireless NIRS/EEG.

Duch W, *Brains and Education: Towards Neurocognitive Phenomics*. 2013

Aktywacje mózgu ↔ Obrazy mentalne

Aktywność fMRI może być skorelowana z funkcjami głębokiej sieci CNN; przy użyciu tych funkcji wybierany jest najbliższy obraz z dużej bazy danych.

Horikawa, Kamitani, Generic decoding of seen and imagined objects using hierarchical visual features. Nature Communications, 2017.



Marzenia senne



[Decoding Dreams](#), ATR Kyoto, Kamitani Lab.

Obrazy fMRI analizowane podczas fazy REM lub podczas zasypiania pozwalają na klasyfikację marzeń sennych (~20 kategorii).

Marzenia, myśli... czy można ukryć to, co widzieliśmy i przeżyliśmy?

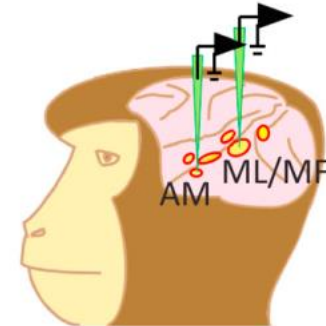
Ekran neuronalny

Cechy obrazu są odkrywane a ich połączenie zapamiętane jako twarz, ale dokładne rozpoznanie wymaga szczegółowego monitorowania neuronów wystarczyło 205 neuronów w kilku wykorzystywanych obszarach wizualnych by z impulsów odtworzyć obrazy twarzy.

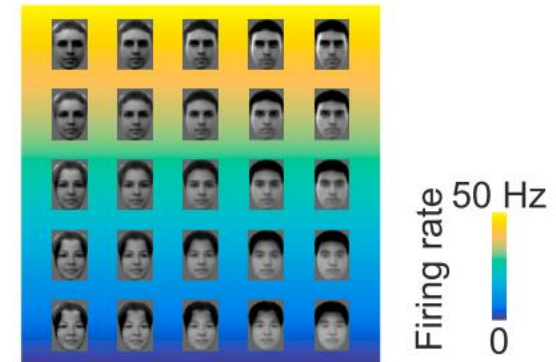
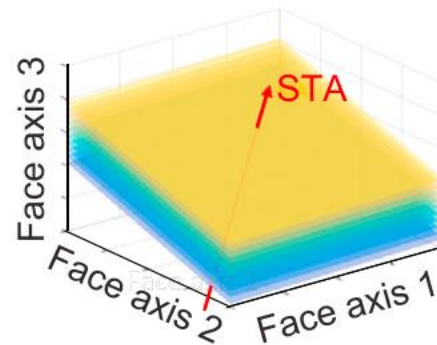
L. Chang and D.Y. Tsao, **“The code for facial identity in the primate brain”** *Cell* 2017

Głos, myśli można odczytać w podobny sposób.

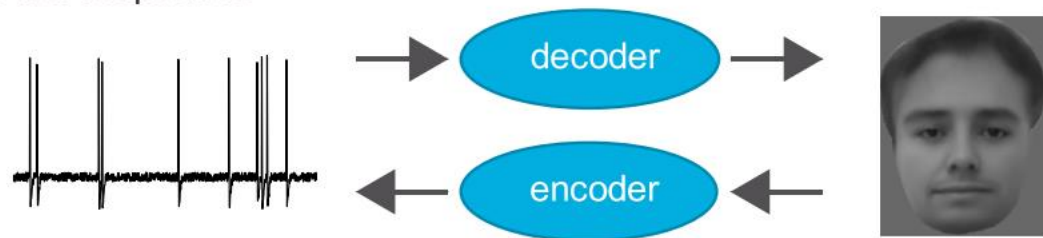
1. We recorded responses to parameterized faces from macaque face patches



2. We found that single cells are tuned to single face axes, and are blind to changes orthogonal to this axis

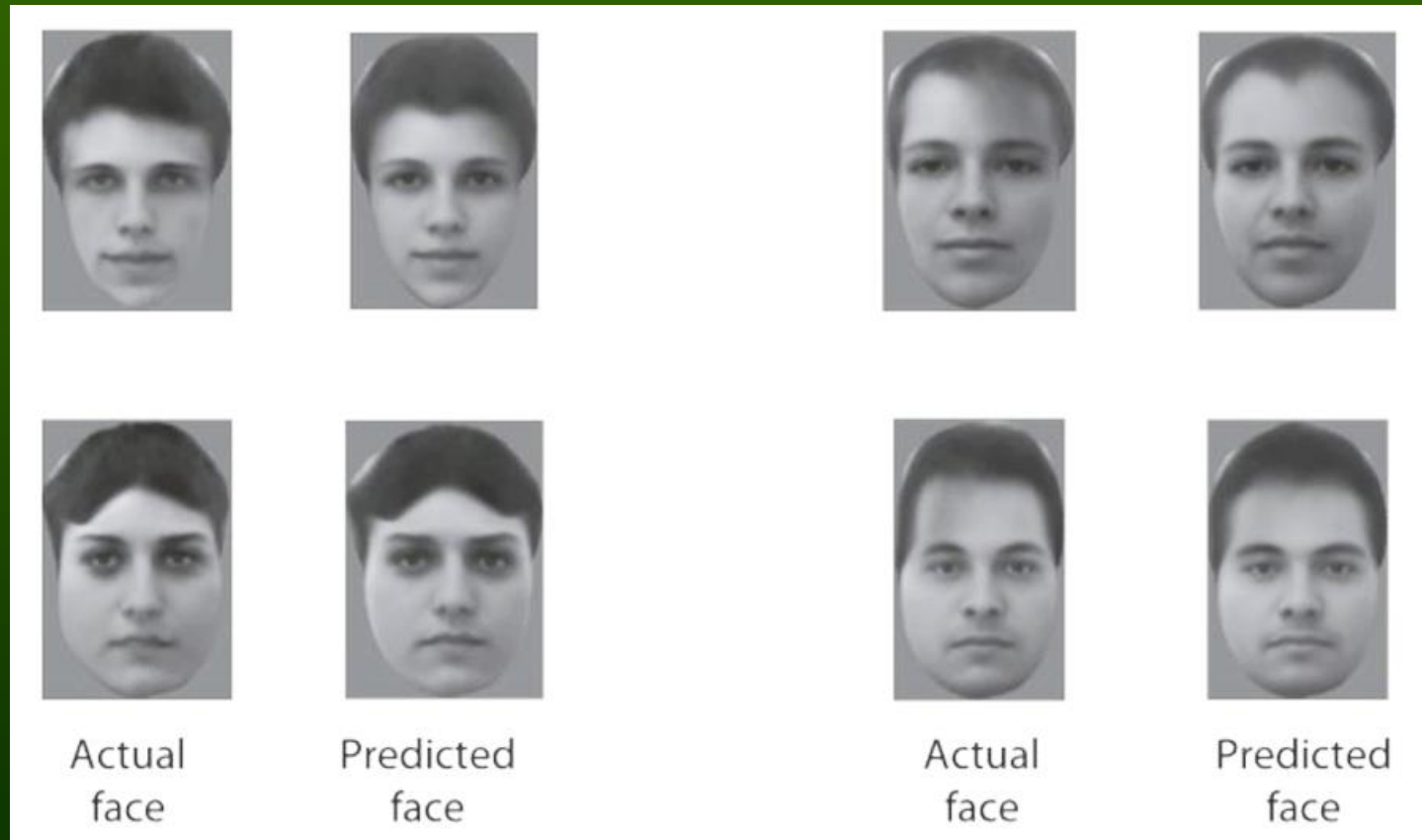


3. We found that an axis model allows precise encoding and decoding of neural responses

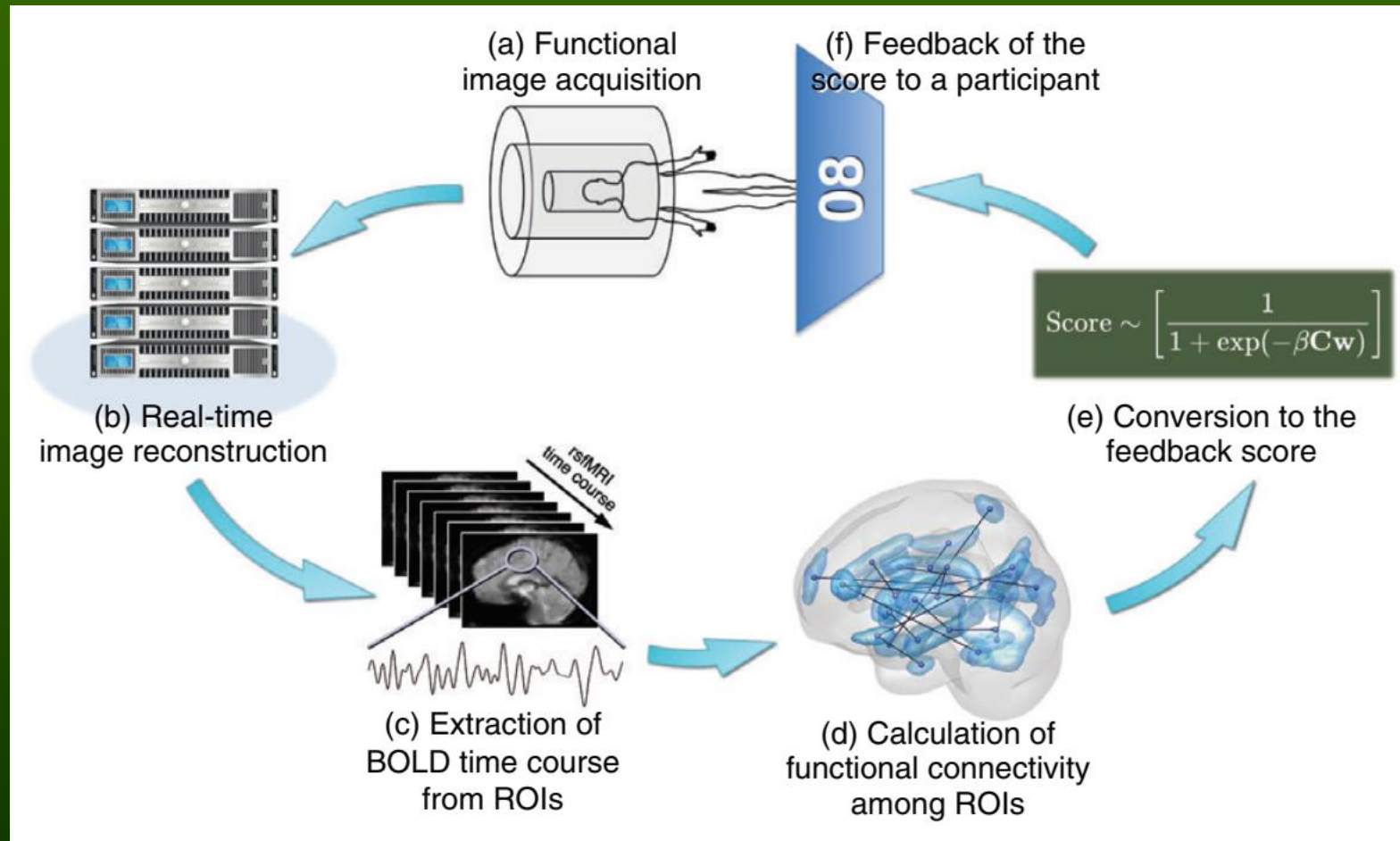


Obrazy mentalne

Obraz twarzy jest kodowany za pomocą prostego kodu neuronowego, który opiera się na zdolności neuronów do rozróżniania rysów twarzy wzdłuż określonych osi w przestrzeni cech twarzy.

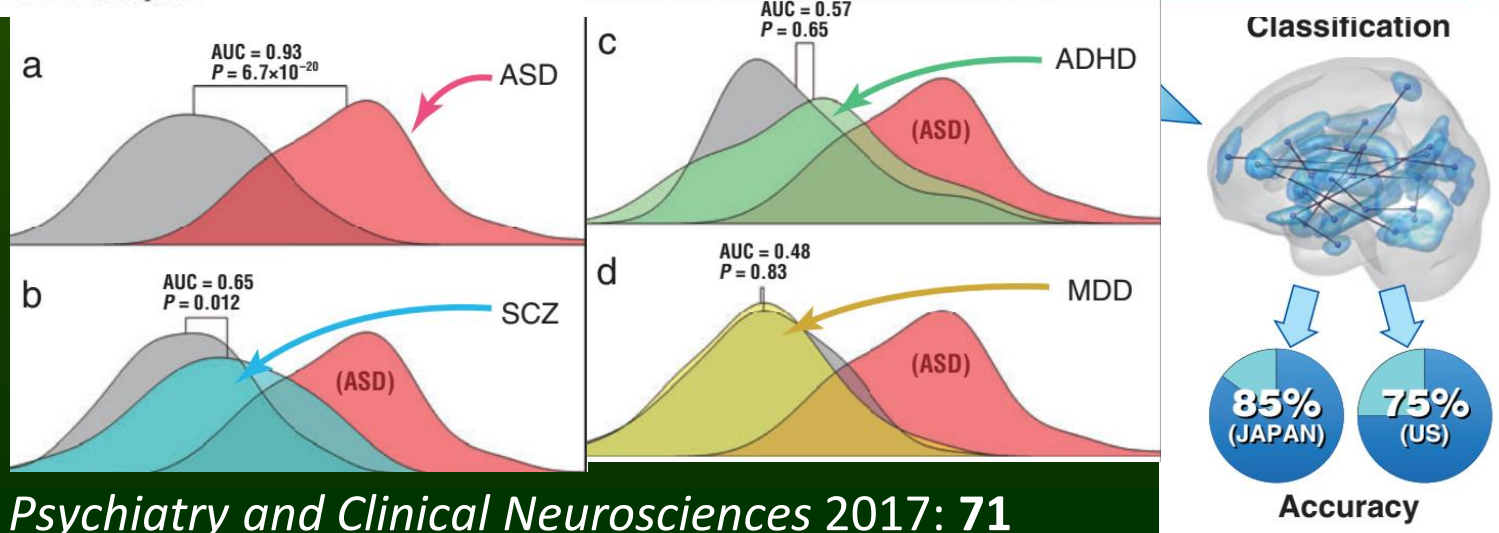
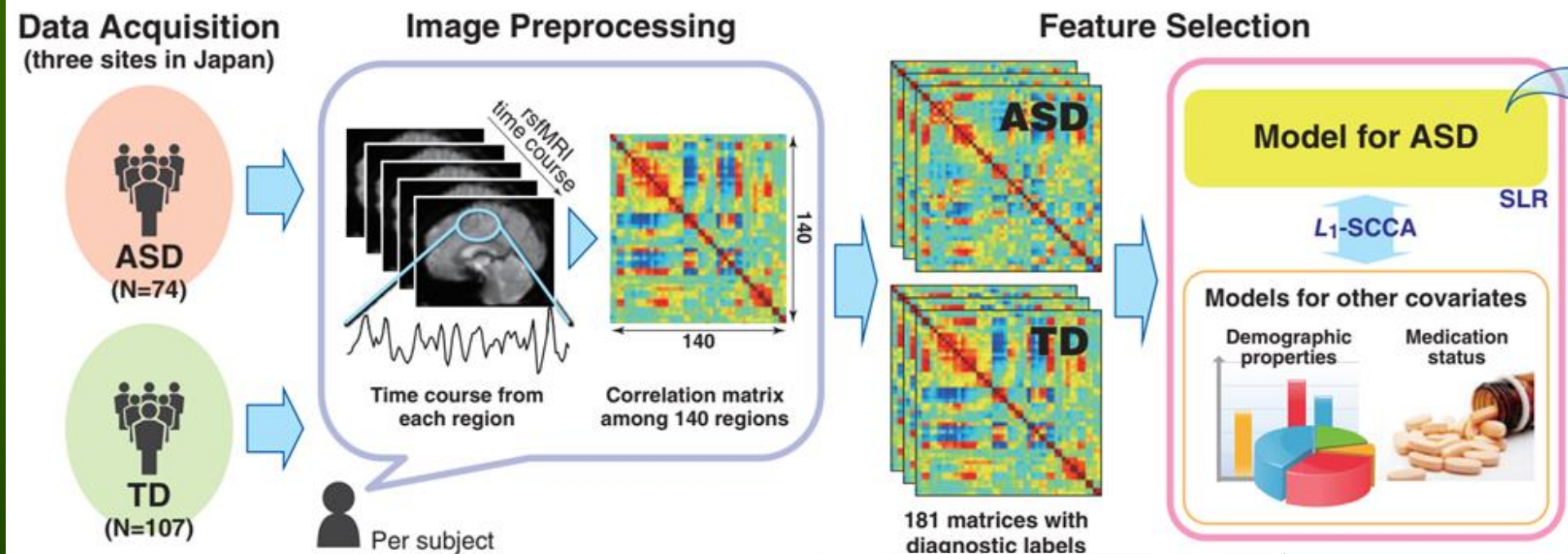


Neurofeedback naprawi nam mózg?



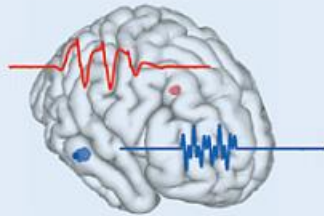
Megumi F, Yamashita A, Kawato M, Imamizu H. Functional MRI neurofeedback training on connectivity between two regions induces long-lasting changes in intrinsic functional network. *Front. Hum. Neurosci.* 2015; 9: 160.

Biomarkery diagnostyczne



EEG lokalizacja i rekonstrukcja źródeł

ECD

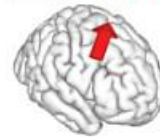


$$\hat{d}_j = \operatorname{argmin} \left\| \phi - \sum_j \mathcal{K}_j d_j \right\|_F^2$$

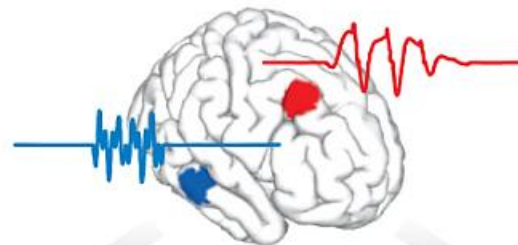
Rotating dipole

- Moving
- Rotating
- Fixed

Dipole model



Distributed model



MN (ℓ_2) family



$$\hat{j} = \operatorname{argmin}_j \left\| \phi - \mathcal{K}j \right\|_2^2 + \lambda \left\| j \right\|_2^2$$

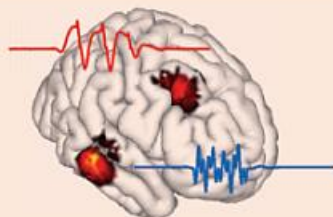
$$\hat{j} = \mathcal{T}\phi = \mathcal{K}^\top (\mathcal{K}\mathcal{K}^\top + \lambda I)^\dagger \phi$$

MN

- MN
- WMN
- LORETA

He et al. Rev. Biomed Eng (2018)

Sparse and Bayesian framework

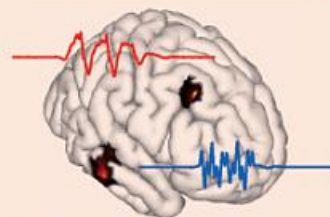


$$\hat{j} = \operatorname{argmin}_j \left\| \mathcal{V}j \right\|_1 + \alpha \left\| j \right\|_1$$

$$\text{S.T. } \left\| \phi - \mathcal{K}j \right\|_{\Sigma^{-1}}^2 \leq \epsilon^2$$

IRES

Beamforming and scanning algorithms

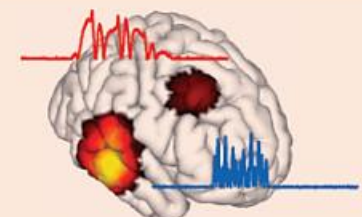


$$\hat{w}_r = \operatorname{argmin}_{w_r} w_r^\top \mathcal{R}_\phi w_r$$

$$\text{S.T. } \begin{cases} \mathcal{K}_r^\top w_r = \xi_1 \\ w_r^\top w_r = 1 \end{cases}; \hat{j} = w^\top \phi$$

Beamformer (VBB)

Nonlinear post hoc normalization



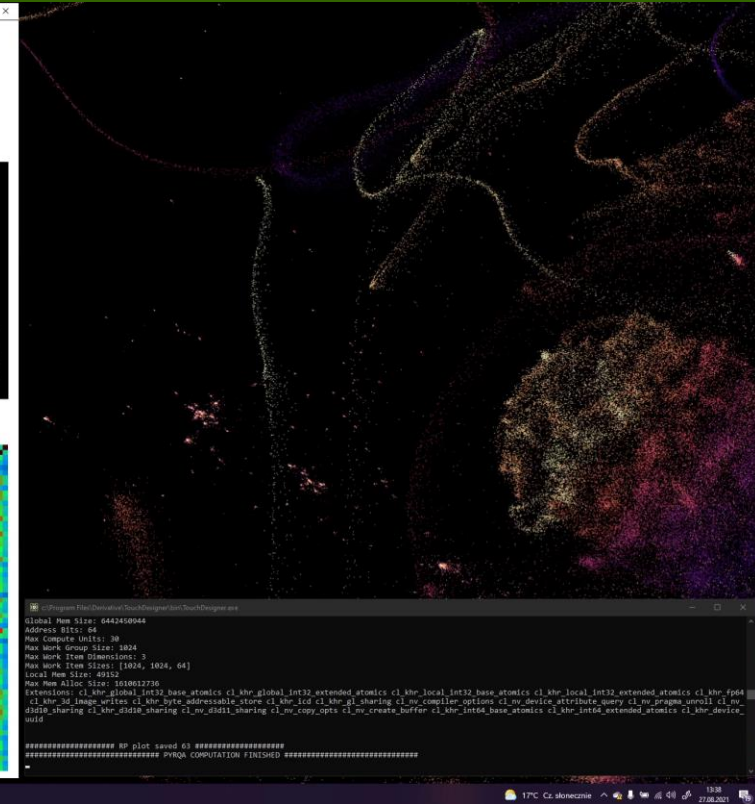
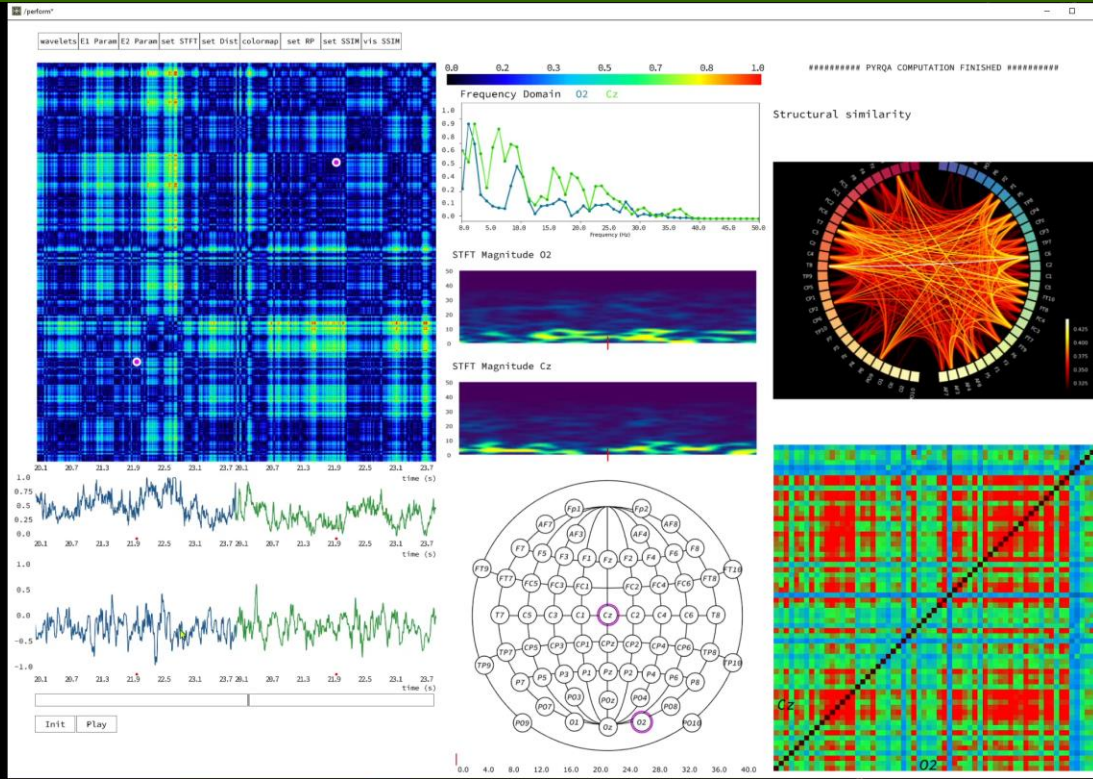
$$\hat{j}_{mn} = \mathcal{T}_{mn}\phi$$

$$S_j = \mathcal{K}^\top (\mathcal{K}\mathcal{K}^\top + \alpha I)^\dagger \mathcal{K}$$

$$\hat{j}_{sl} = \hat{j}_{mn}(\ell)^\top \left([S_j]_{\ell\ell} \right)^{-1} \hat{j}_{mn}(\ell)$$

sLORETA

Analiza EEG



```
Global Mem Size: 644240044
Address Bits: 64
Max Compute Units: 38
Max Work Group Size: 2048
Max Work Item Dimensions: 3
Max Work Item Size: [1024, 1024, 64]
Local Mem Size: 49152
Max Mem Alloc Size: 10002720
Extensions: cl_shr_global_int32_base_atomics cl_shr_global_int32_extended_atomics cl_shr_local_int32_base_atomics cl_shr_local_int32_extended_atomics cl_shr_fp64
cl_shr_id_image_writes cl_shr_byte_addressable_store cl_shr_lco cl_shr_gl_sharing cl_mv_compiler_options cl_mv_device_attribute_query cl_mv_pragma_unroll cl_mv
shlsh_sharing cl_mv_shlsh_unrolling cl_mv_shlsh_sharing cl_mv_copy_opts cl_mv_create_buffer cl_shr_int64_base_atomics cl_shr_int64_extended_atomics cl_shr_device
uuid
***** MP plot saved O2 *****
***** PYRQA COMPUTATION FINISHED *****
```

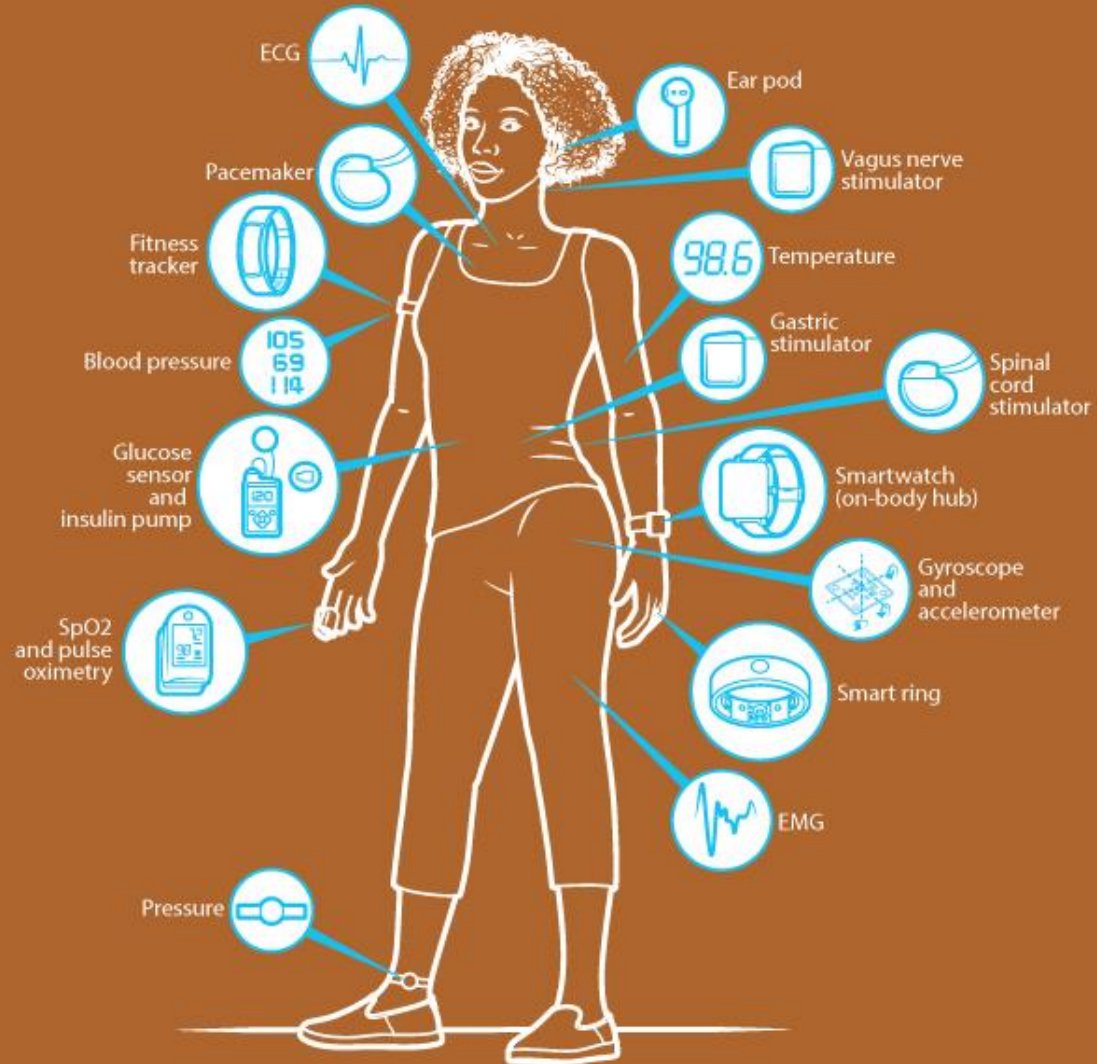
Dane z EEG, 128 kanałów, wykresy rekurencji, widmo mocy dla dwóch elektrod, przepływ informacji i korelacje między regionami mózgu (Łukasz Furman).

Internet of Bodies

Sieć Internetu Ciał (IoB) oparta na: urządzeniach medycznych (rozzruszniki serca, pompy insulinowe, puls, SpO_2 , czujniki temperatury), technologiach konsumenckich (beprzewodowe słuchawki douszne, smartwatche, monitory fitness).

Przesyłają dane poza zasięg ludzkiego ciała, ale mogą używać wspólnego medium samego ciała do wysyłania sygnałów.

Turning the Body In A Wire, IEEE Spectrum 11/2020.



Perspektywy



- Sztuczna inteligencja zmienia sposób uprawiania nauki, nie da się uniknąć dominacji wielkich firm i globalnych konsorcjów.
- To co wczoraj było niemożliwe jutro będzie codziennością, postrzeganie świata i rozumienie języka doprowadzi do autonomicznej formy AI.
- Automatyzacja wymusi wielkie zmiany społeczne.
- Ewolucja myśli przeniesie się w światy wielowymiarowe, artilekty będą uczyć się szybko od siebie, a nowa wiedza stanie się niezrozumiała dla ludzi.
- Maszyny będą twierdzić, że są świadome, a większość ludzi to akceptuje; prawny status cyborgów jest już teraz dyskutowany.
- Nauczanie informatyki jest coraz większym wyzwaniem, możliwości zastosowań AI nie wymagają głębszego rozumienia algorytmów: Indie (rozumienie) czy Chiny (stosowanie)?
- Technologie neurokognitywne głęboko zmienią człowieka.
- Integracja mózgow z systemami sztucznymi stanie się stopniowo możliwa ...
W końcu **nadejdzie osobliwość!**

Nadchodzi radykalna zmiana ...

Nie wszyscy zauważyli, że się coś zmieniło.

Połowanie i walka polityków trwa nadal, tylko zniszczenia są coraz większe.



Towards Human-like Intelligence

IEEE Computational Intelligence Society Task Force (Mandziuk, Duch, M. Woźniak),
Towards Human-like Intelligence



IEEE SSCI CIHLI 2021 Symposium on Computational Intelligence for Human-like Intelligence, Orlando, FL, USA.

AGI conference, Journal of Artificial General Intelligence comments on Cognitive Architectures and Autonomy: A Comparative Review (eds. Tan, Franklin, Duch).

BICA Annual International Conf. on Biologically Inspired Cognitive Architectures, 11th Annual Meeting of the BICA Society, Natal, Brazil, 2020.

Brain-Mind Institute Schools International Conference on Brain-Mind (ICBM) and Brain-Mind Magazine (Juyang Weng, Michigan SU).

W poszukiwaniu źródeł aktywności poznawczej mózgu

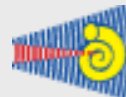
Projekt „Symfonia”, NCN, Kraków, 18.07.2016



FACULTY OF PHYSICS,
ASTRONOMY AND INFORMATICS



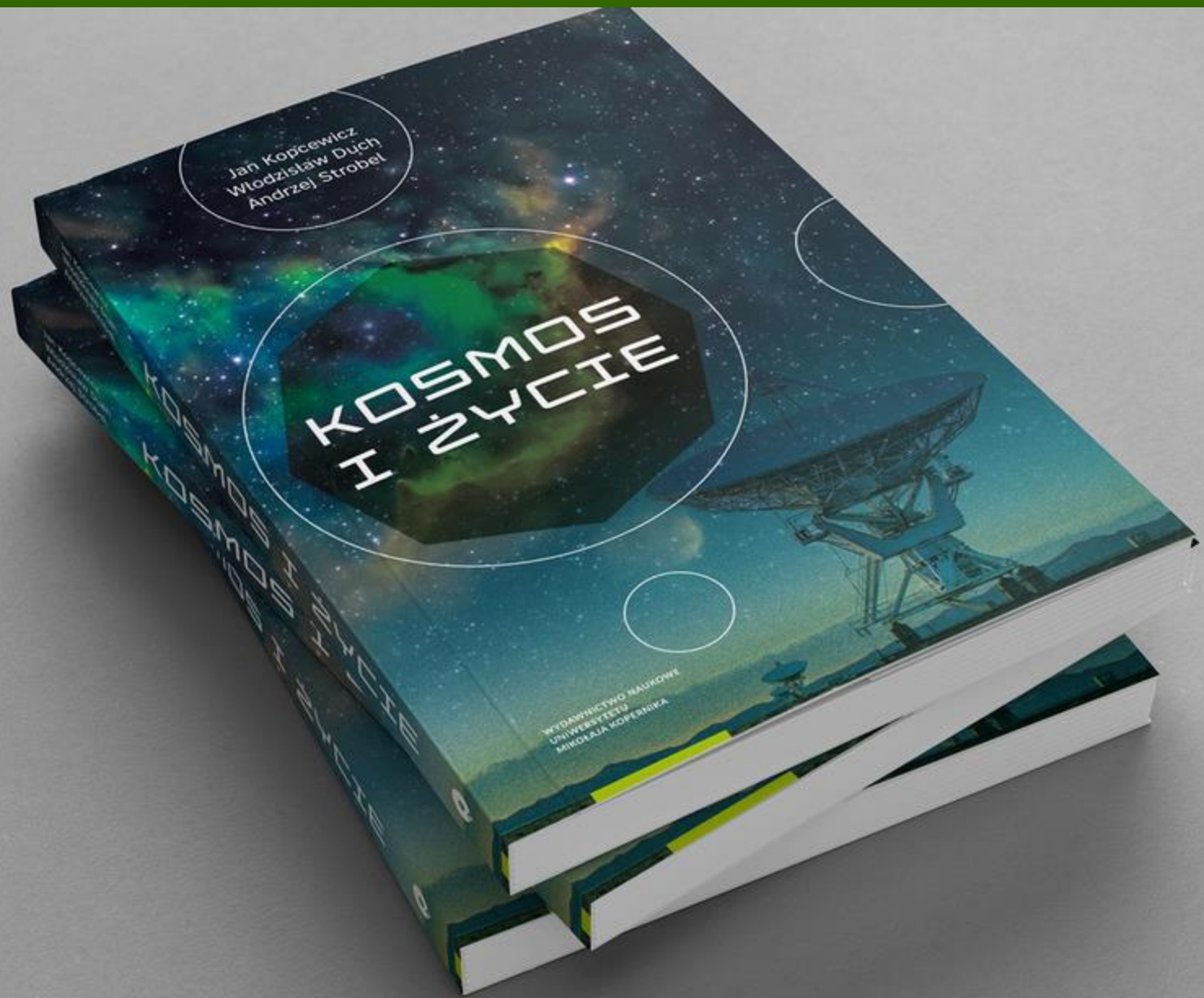
CENTRE FOR MODERN
INTERDISCIPLINARY
TECHNOLOGIES



INSTITUTE OF PHYSIOLOGY
AND PATHOLOGY OF HEARING



nencki institute
of experimental biology



Jan Kopcewicz
Włodzisław Duch
Andrzej Strobel

KOSMOS I ŻYCIE

WYDAWNICTWO NAUKOWE
UNIWERSYTETU
MIKOŁAJA KOPERNIKA

VIRTUAL BR41N.IO HACKATHON

📅 April 17-18, 2021

during the

Spring School 2021*



*BR41N.IO and Spring School 2021 are part of g.tec's Teaching Plan 2021 with more than 140 hours of online courses and lectures.



1. PLACE WINNER

"NeuroBeat"

BCI application

Team members: Alicja Wicher, Joanna Maria Zalewska, Weronika Sójka, Ivo John Krystian Dereziński, Krzysztof Tołpa, Lukasz Furman, Sławomir Duda

IMPROVING HUMAN DAILY LIFE FUNCTIONING

NEUROHACKATOR 2021

21. - 23.
MAY 2021 //
ONLINE

SATURDAY

Project development
in groups



STARTS
10 a.m.

SUNDAY

Evaluation



ENDS
10 a.m.

FRIDAY

Organisers
presentation



workshops
with Judges

←----- working 24h -----→

REQUIREMENTS :

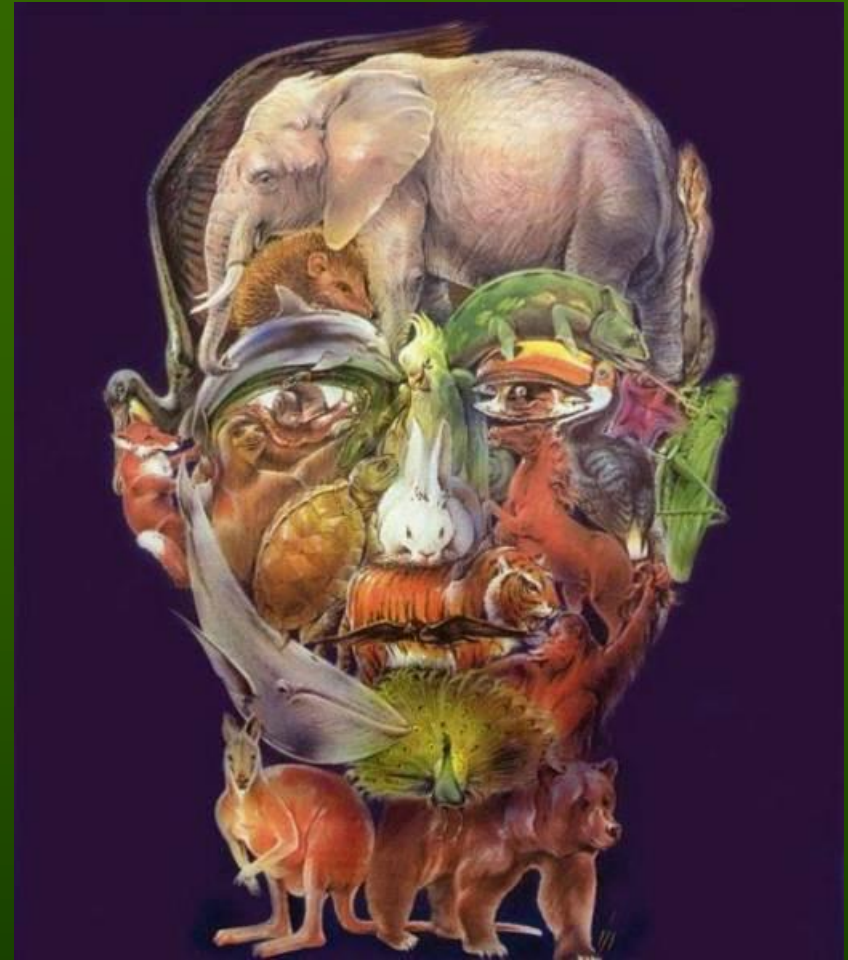
1. Create a team consisting of **3-5 people**.
2. Fill in the Registration Form (available on Facebook event).

DO YOU HAVE ANY QUESTIONS?

Write an e-mail:
NEUROTECHTOR@GMAIL.COM

Neurotechnology Scientific Club
Center for Modern Interdisciplinary Technologies
at Nicolaus Copernicus University in Toruń
Wileńska 4 Street

Inteligencja?



Google: Wlodek Duch
=> referaty, prace, wykłady ...