

Sztuczna Inteligencja

Reprezentacja wiedzy III: Sieci semantyczne i grafy wiedzy

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej UMK

Google: Wlodzislaw Duch

[Strona wykładów](#)

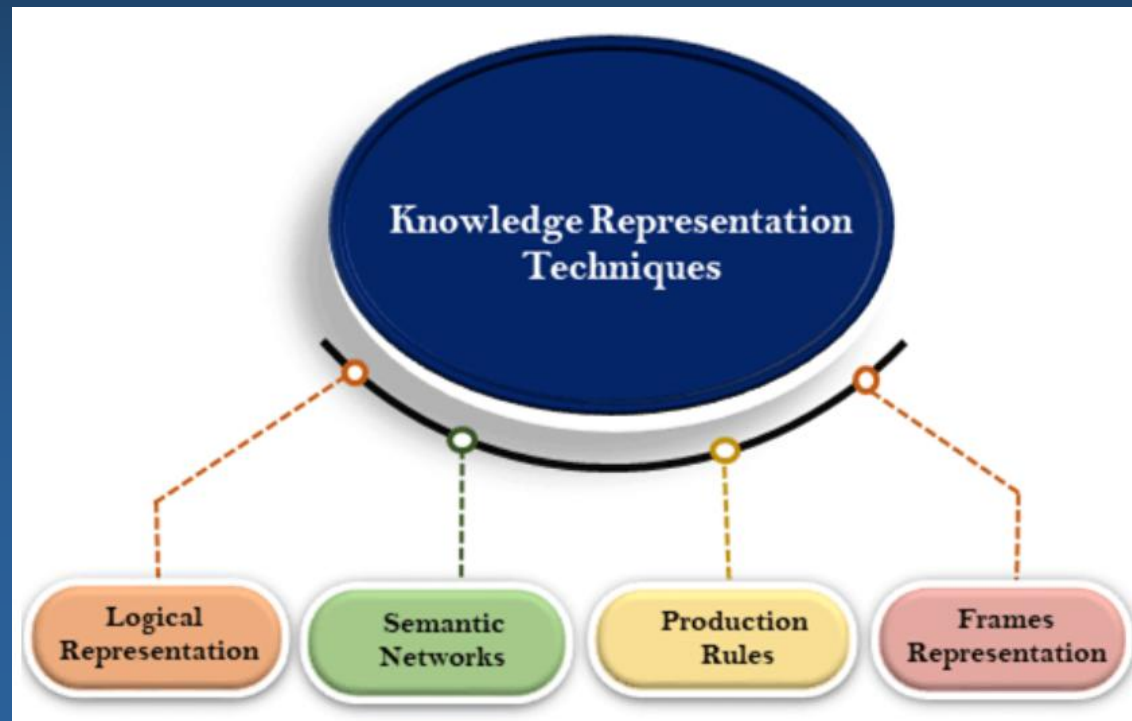
Co było:



- Reprezentacja wiedzy - wstęp
- Logiczna reprezentacja wiedzy

Co będzie

- Sieci semantyczne i informacja w mózгах
- Grafy wiedzy
- Reprezentacje bezpośrednie
- Ramy
- Skrypty
- Mapy argumentów
- Agenci



Newell i Simon: ludzie grają w szachy rozpoznając wiele wzorców.

Podobieństwo do nich == wartość heurystyczna

Intuicja i szukanie

Można się nauczyć takich intuicyjnych ocen bez głębszego szukania osiągają poziom arcymistrza.

Ruoss, A., et al. (2024). [Grandmaster-Level Chess Without Search](#)

Obserwowano 10 mln partii szachów, które rozgrywał silny program szachowy (Stockfish).

Nauczono sieć neuronową o 270 mln parametrów jaka była ocena heurystyczna każdego z następných możliwych ruchów.

System działa czysto intuicyjnie: wybiera następny ruch bez szukania, korzystając z sieci neuronowej jako heurystyki.

W Lichess blitz osiągnięto 2895 punktów ELO grając z ludźmi, rozwiązuje też zadania szachowe.

Sieci semantyczne

Główne idee:

- Sens symbolu wskazującego na pojęcie wynika z relacji z innymi symbolami i pojęciami; ludzka pamięć jest siecią skojarzeń (Arystoteles).
- Informacja zawarta jest w węzłach sieci i łukach, łączących te węzły.
- Jeśli węzeł=pojęcie to w mózgu \Leftrightarrow wzorcom aktywności wielu neuronów).

Historia: Charles Peirce (1909) „existential graphs”;

- Quillian (1966) użył sieci do reprezentacji wiedzy analizują sens zdań.

Logiczna reprezentacja własności obiektów => sieć semantyczną. Przykład:

Isa(wróbel, ptak)

Isa(ćwirik, wróbel), lub wróbel(ćwirik)

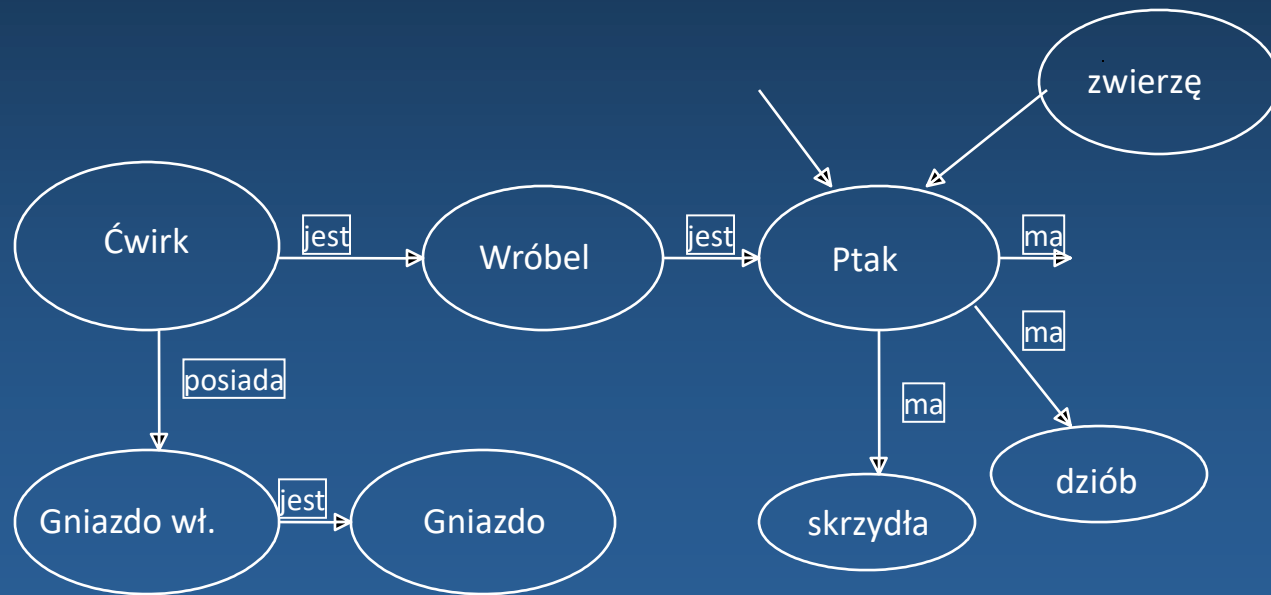
Posiada(wróbel, gniazdo)

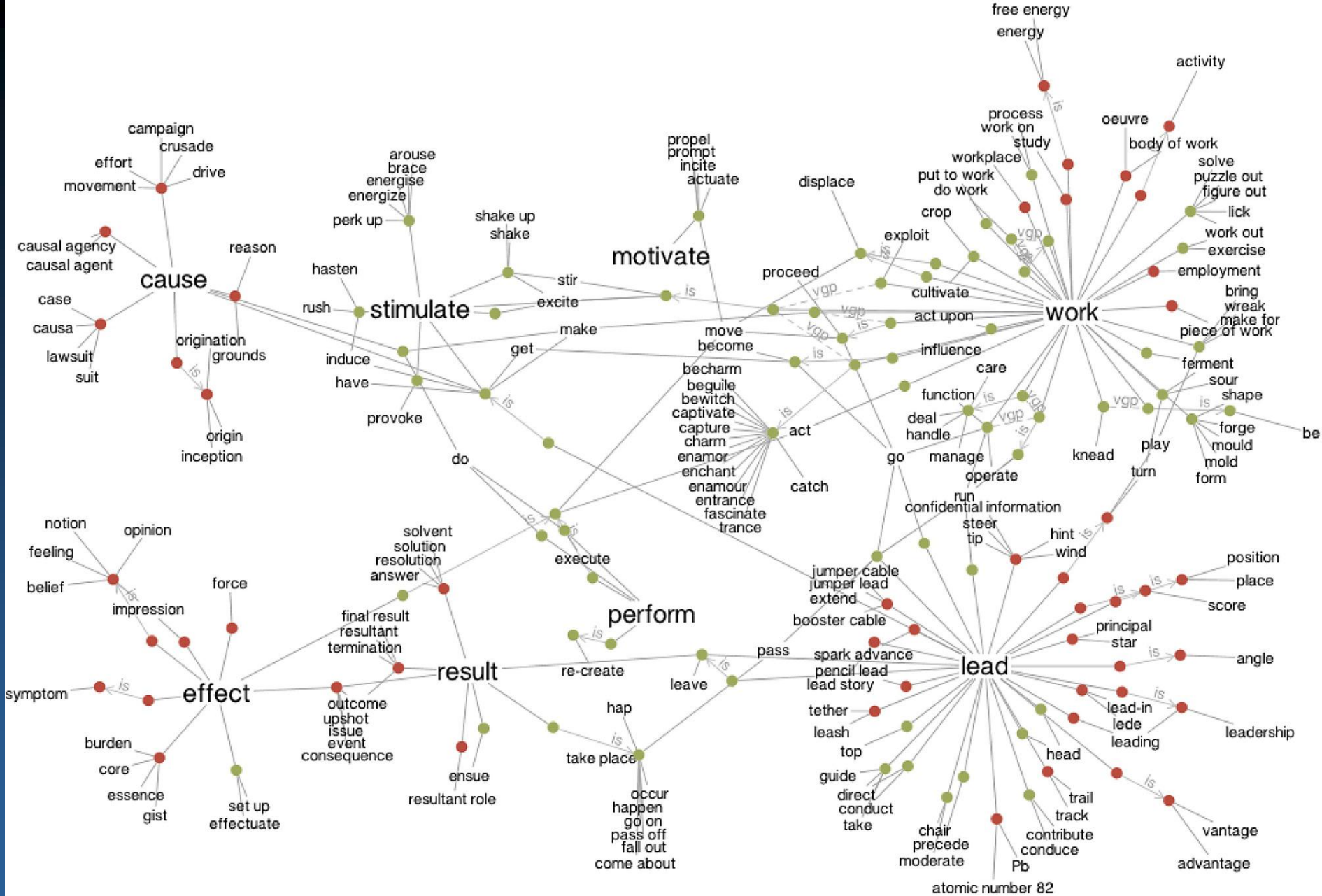
Jak to wygląda w postaci sieci?

Wiedza zapisana w sieci

Każda pojęcie jest węzłem sieci, powiązany z innymi.

- Powiązania pomiędzy węzłami są jawnie przedstawiane.
- Łuki mogą być różnych typów.
- Model pamięci epizodycznej, ale również semantycznej.





Sieć semantyczna 8 pojęć w WordNet, z [WordVis](#).

Inne wizualizacje: [TouchGraph](#), [ThinkMap](#), [VisuWords](#), [Visual Browser](#)

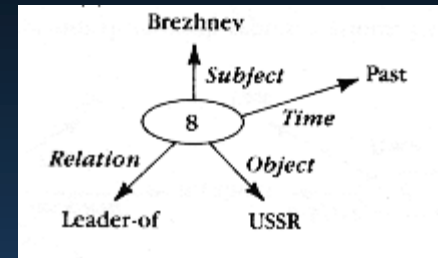
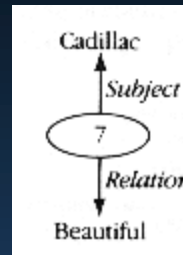
Sieci i rozumowanie

- Węzły reprezentują: obiekty, typy lub klasy, zdarzenia, działania, epizody, miejsca, czasy ...
- Łuki reprezentują:
 - podanie przykładu, podklasę, relację ISA;
 - jest częścią czegoś;
 - logiczne spójniki i, lub;
 - działania.

Reprezentacja sieciowa wspomaga rozumowanie:

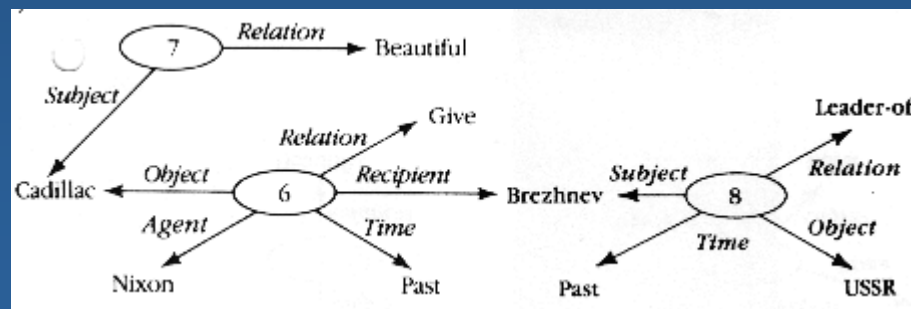
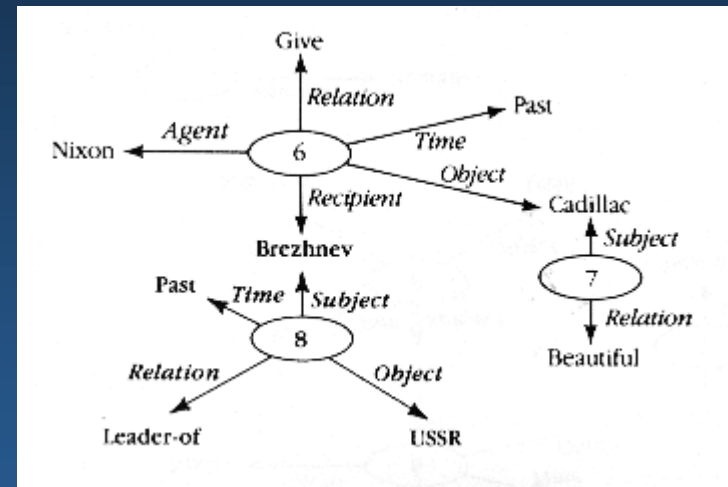
- Umożliwia łatwe dziedziczenie atrybutów pojęć.
- Pobudzenia pojęcia: aktywność rozszerza się od pobudzonego węzła na węzły z nim połączone, aż dojdzie do pożądaných własności.
- Podobnie do działania mózgu w czasie tworzenia skojarzeń i rozumowania; podobny model używany jest w psychologii do wyjaśniania czasów odpowiedzi.

Analiza prostego zdania

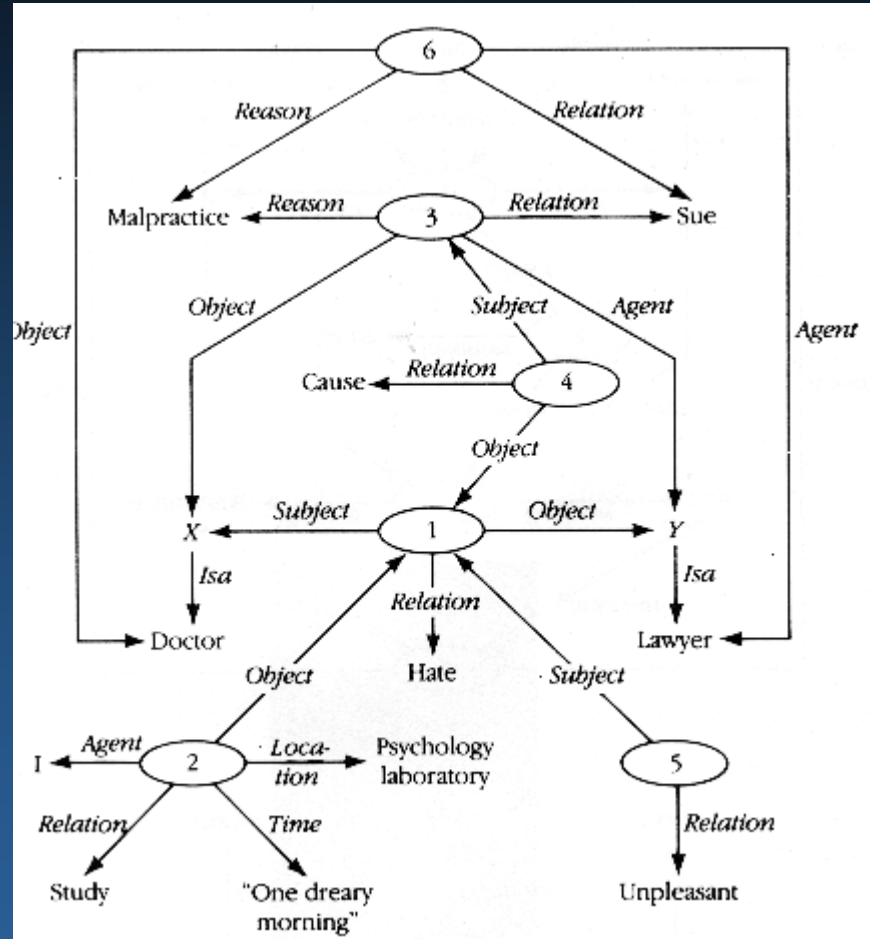
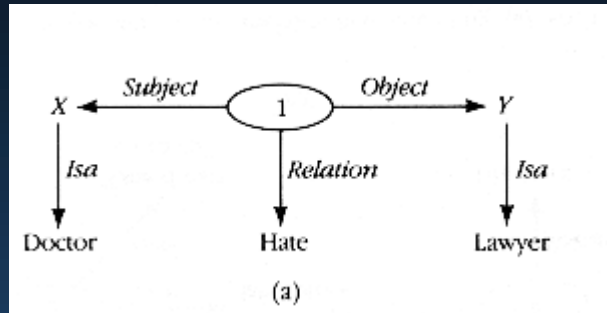


Reprezentacja zdania:

Przywódca ZSSR, Leonid Breżniew, otrzymał od prezydenta Nixona pięknego Cadillaca.



Zdanie i kontekst



Reprezentacja zdania:

pewnego okropnego poranka
 lekarz został oskarżony przez
 prawnika o braniu łąpówek.

Uwzględniony został kontekst
 zdania.

Analiza logiczna

- Brak formalnej semantyki dla sieci.
- Brak jednoznacznej interpretacji.
- Interpretacja łuku $X \text{ ISA } Y$ może być:
 - X podzbiorem Y ;
 - X częścią Y ;
 - X rodzajem Y ...

Ograniczone możliwości ekspresji, brak kwantyfikatorów.

- Trudności w interpretacji wierzeń, nadawanie prawdziwości zdaniom, np.: Jasiu wierzy, że Święty Mikołaj mieszka na biegunie.
- Rozszerzenie możliwości sieci: węzeł sam może być siecią (dopuszczenie rekursji) w sieciach RTN (recursive transition networks), rekursywnych sieciach przejść.
- Sieci semantyczne to obrazkowa notacja logiczna.

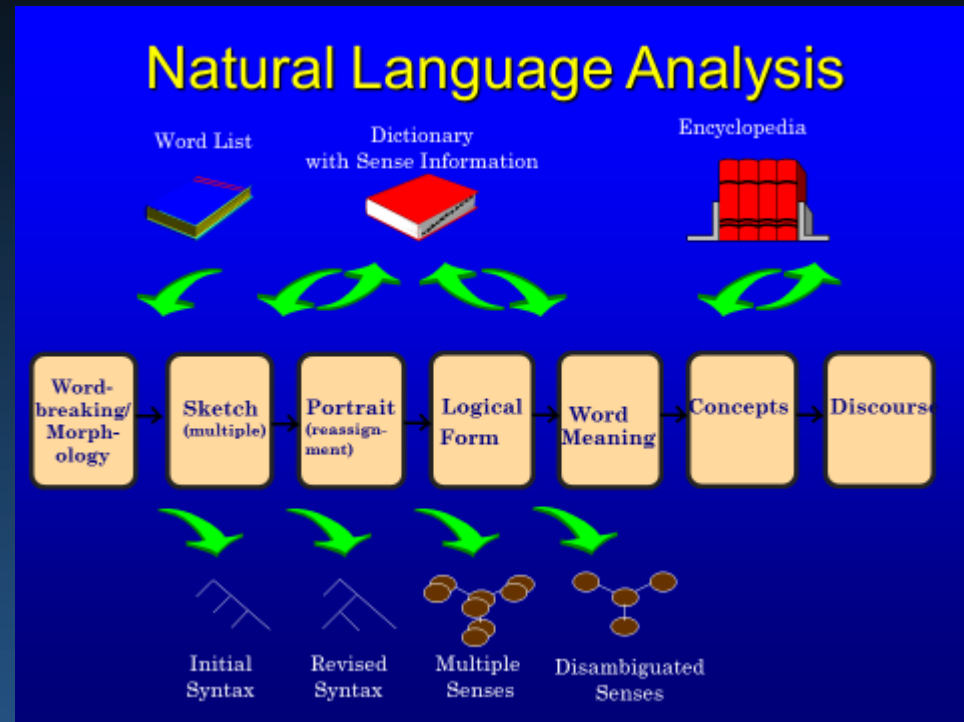
MindNet

Brakuje opisu wiedzy ogólnej w postaci sieci semantycznej.

Microsoft od 1991 roku ma grupę NLPwin pracująca nad analizą języka naturalnego dla systemu Windows.

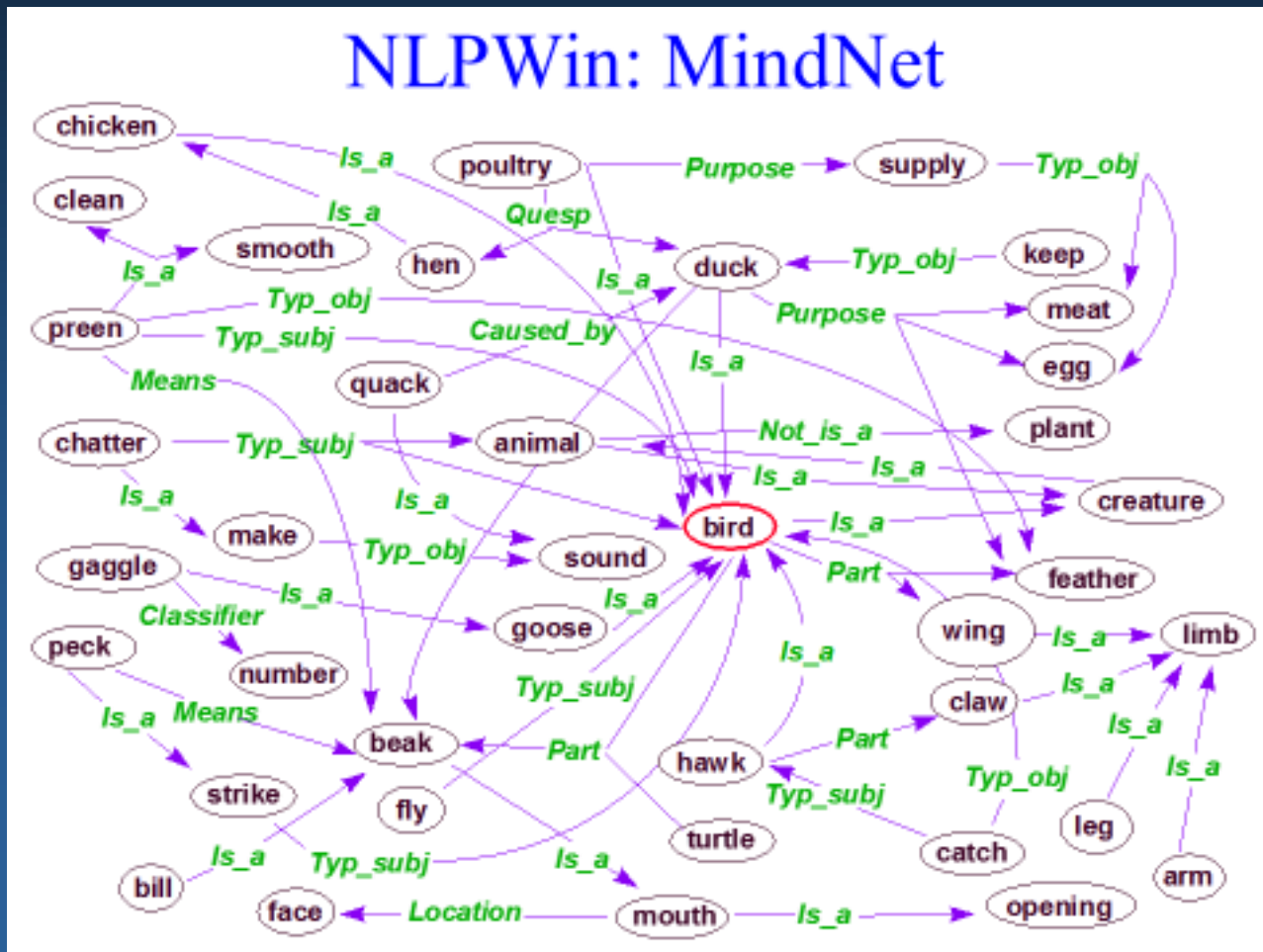
Projekt powstał głównie z myślą o wspomaganiu tłumaczenia maszynowego.

Składowe tego systemu są na poniższym rysunku. [Microsoft Concept Graph](#) to nowszy projekt oparty na sieci semantycznej, ma > 5mln pojęć, 85 mln relacji IsA.



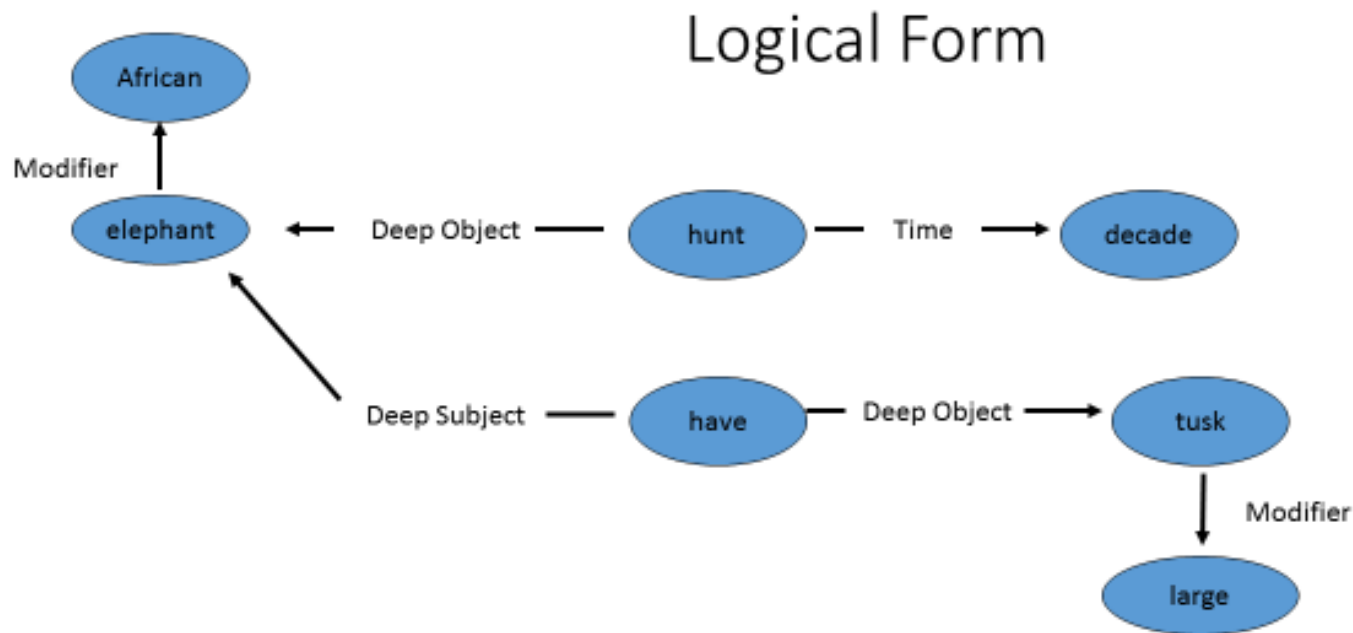
NLPwin/MindNet

- MindNet to zbiór połączonych grafów opisujących formy logiczne, tworzący sieć semantyczną. Podobieństwo słów oceniane jest na podstawie długości ścieżki w tym grafie, dzięki czemu możliwa jest generalizacja opisu pojęć. Oto fragment scentrowany na słowie „bird”.



NLPwin/Forma logiczna

Zdania są rozkładane na rekordy z wieloma anotacjami części mowy i sposobami użycia, potem zamieniane na uproszczoną formę logiczną.



African elephants, which have been hunted for decades, have large tusks.

Słownosieć

WordNet to połączenie słownika i tezaury, baza leksykalna słów i ich opisu, budowana od ok. 1985 roku, obecnie ok. 200 języków.

Polska wersja jest bardzo rozbudowana [PLWordnet-Słownosieć](#) i opis [Słownosieć w Wiki](#) (Pol. Wrocławska), oraz [Polnet](#) (UAM Poznań).

- Synonimy zgrupowane są w synsety z krótką definicją i przykładami.

Synsety są ze sobą połączone relacjami semantycznymi, np.:

- Hiperonimy: kategorie nadrzędne, Y to hiperonim X \Leftrightarrow każdy X to rodzaj Y. Dla czasowników czynność X jest rodzajem czynności Y.
- Hiponimy: szczególne przypadki, Y to hiponim X jeśli każdy Y to rodzaj X.
- Kolokacje: Y jest kolokacją X jeśli X i Y mają wspólny hiperonim (kot i tygrys).
- Meronimy: Y jest meronimem X jeśli Y jest częścią X.
- Holonimy: Y to holonim X jeśli X jest częścią Y.

Dla czasowników mamy też:

- Troponimy: Y to troponim X jeśli X to rodzaj czynności Y.
- Wynikanie (entailment): Y wynika z X jeśli czynność X \Rightarrow Y (spać/chrapać)

Wizualna reprezentacja sieci Wordnet, np. [Visual thesaurus](#).

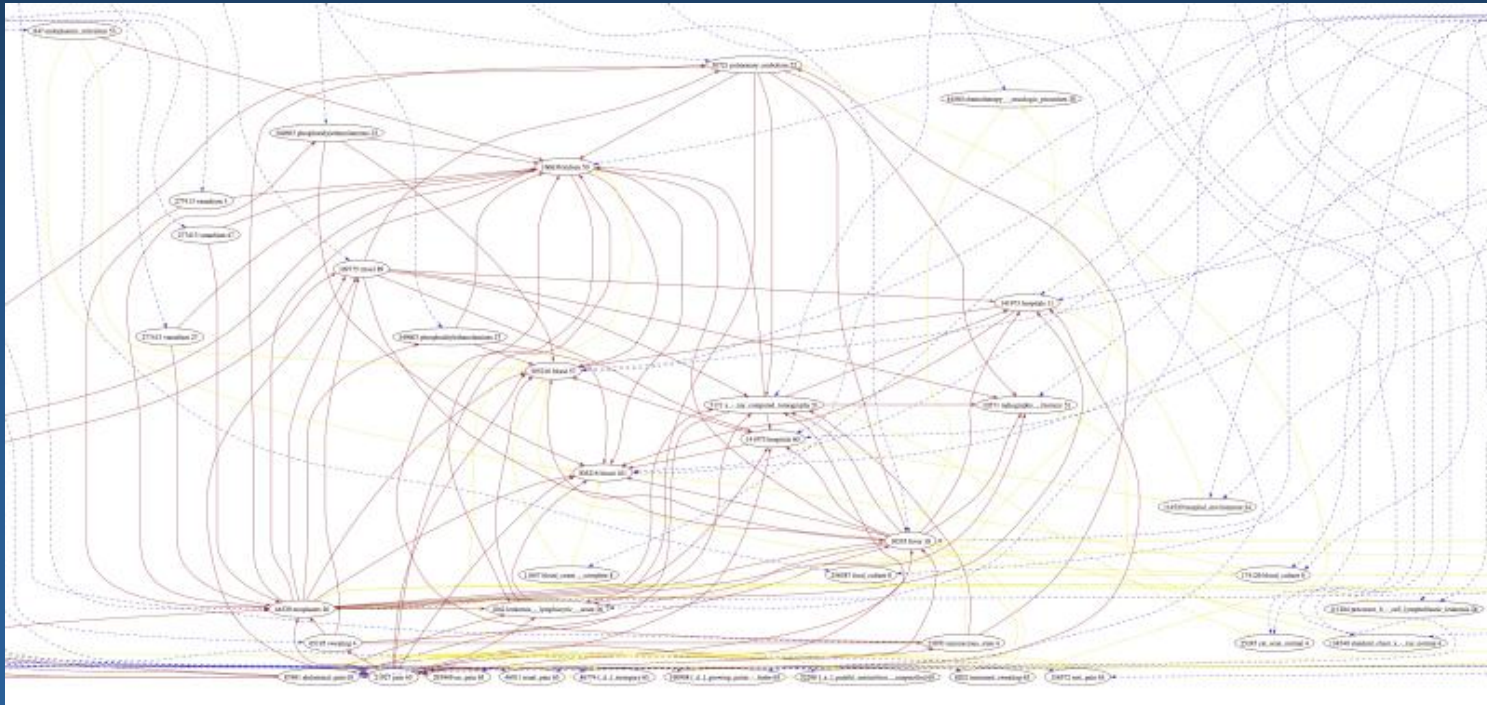
Rozumienie tekstów

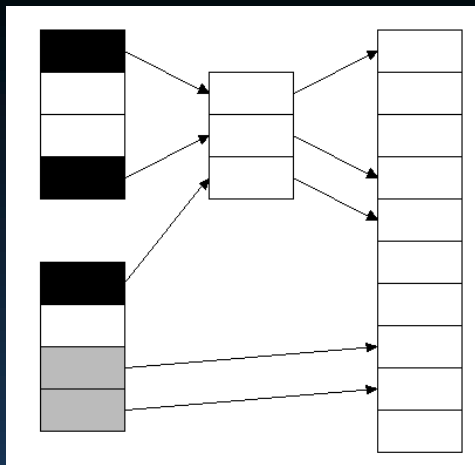
Neurokognitywne podejście do rozumienia języka:

słowa, pojęcia, pobudzają skojarzone z nimi pojęcia;
ważne są prawdopodobieństwa rozkładu.

Pojęcia odnoszące się do tego samego tematu lepiej do siebie pasują,
tworząc graf spójnych koncepcji \Leftrightarrow aktywnej części pamięci semantycznej
z hamowaniem i rozchodzeniem się aktywacji.

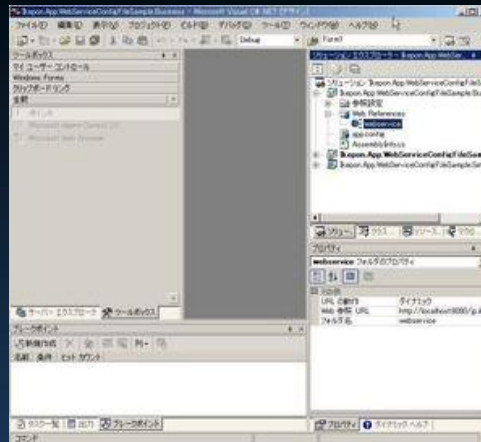
Dla tekstów medycznych mamy >2 mln koncepcji, 15 mln relacji ...





Pamięć semantyczna

Zapytanie

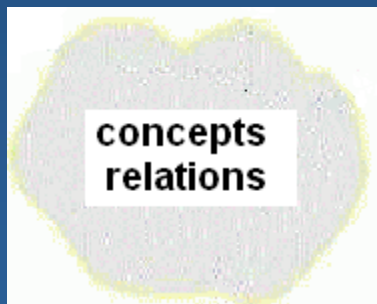


Zastosowania, np
gra w 20 pytań.

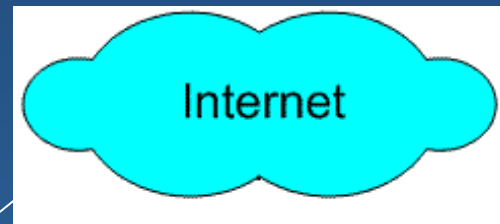


Awatar, HIT:
interfejs graficzny
<http://diodor.eti.pg.gda.pl>

Magazynowanie



Oznaczanie części
mowy i ekstrakcja fraz



Słowniki, ontologie,
informacja tekstowa

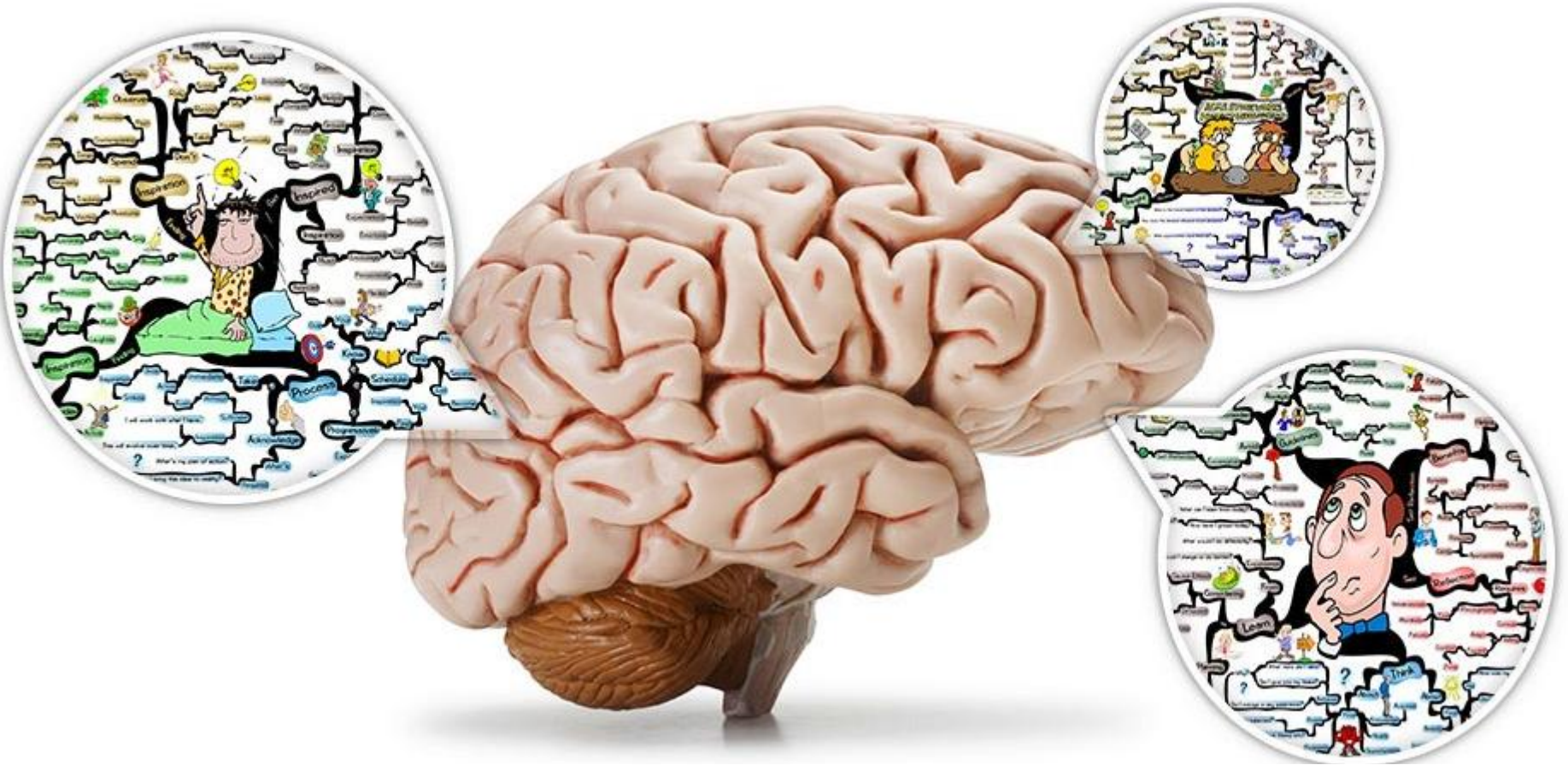
weryfikacja

ręczne poprawki

Parser



Pamięć w mózgu



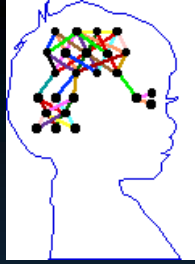
LIKE A NEURON NETWORK OF INTERCONNECTED THOUGHTS

Sieci i mózgi

Jak wygląda reprezentacja wiedzy w mózgu?

- Od fonologii i grafemów słowa aż do jego znaczenia i modelu sytuacji, mamy różne wzorce rozkładów pobudzeń, i skojarzenia między nimi, nic więcej! Przetwarzanie informacji przez układ wzrokowy jest w pełni automatyczne, nieświadome aż do reprezentacji całego słowa.
- Prezentacja słowa krótsza niż 40ms pomiędzy dwoma maskującymi obrazami jest świadomie postrzegana chociaż aktywacja w mózgu dociera do obszarów reagujących na słowa, a nie tylko litery.
- Sieci semantyczne propagują aktywację; każdy węzeł reprezentuje podsieć aktywacji neuronów w mózgu. Sieci aktywacji w mózgu są zarówno pobudzające jak i hamujące.
- Powstawanie pobudzeń w czasie czytania czy dialogu uaktywnia pamięć semantyczną i sieci semantyczne pozwalające na właściwą interpretację – inna po prostu „nie przychodzi do głowy”.

Neuroobrazowanie słów?



- Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns," T. M. Mitchell et al, Science, 320, 1191, 2008
- Czy możemy zobaczyć reprezentacje pojęć w mózgu?
Po raz pierwszy udało się zobaczyć w miarę stabilne obrazy fMRI ludzi, którzy widzą, słyszą lub myślą o jakimś pojęciu.
- Czytanie słów, jak i oglądanie obrazków, które przywodzą na myśl dany obiekt, wywołuje podobne aktywacje.
- Indywidualne różnice są spore, ale aktywacje pomiędzy różnymi ludźmi są na tyle podobne, że klasyfikator może się tego nauczyć.

25 cech semantycznych, które odnoszą się do postrzegania/działania.

Sensory: fear, hear, listen, see, smell, taste, touch

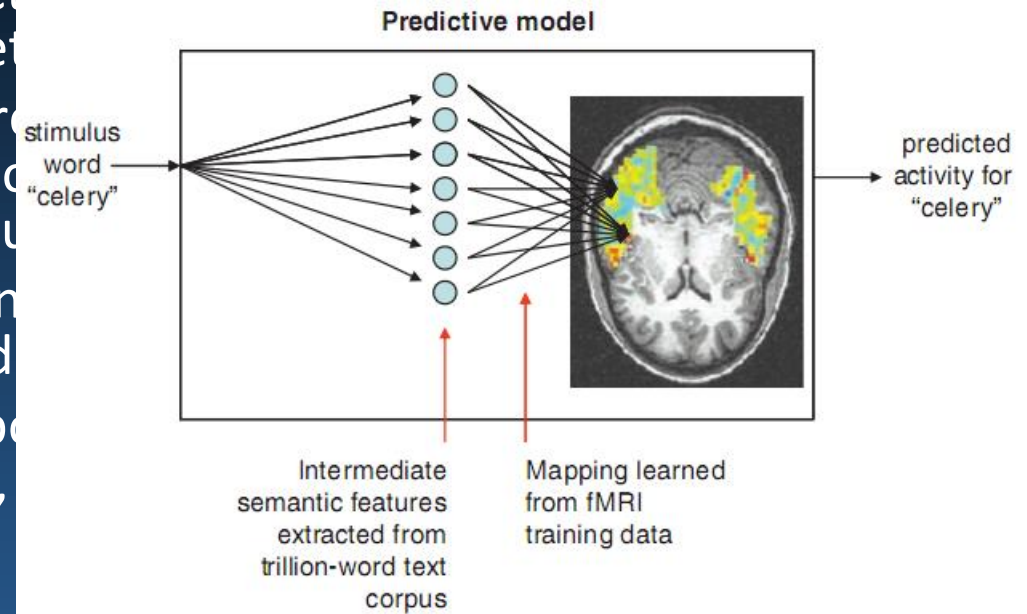
Motor: eat, lift, manipulate, move, push, rub, run, say

Abstract: approach, break, clean, drive, enter, fill, near, open, ride, wear

Neuroobrazowanie słów?



- Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns," T. M. Mitchell et al.
- Czy możemy zobaczyć reprezentację słów w mózgu? Po raz pierwszy udało się zobaczyć aktywność mózgu ludzi, którzy widzą, słyszą lub czytają słowo.
- Czytanie słów, jak i oglądanie obrazu danego obiektu, wywołuje podobne aktywności w mózgu.
- Indywidualne różnice są spowodowane tym, że ludzie są na tyle podobni, że możemy przewidzieć aktywność mózgu dla nowego słowa, jeśli znamy aktywność mózgu dla słów, które są podobne do niego.



25 cech semantycznych, które odnoszą się do postrzegania/działania.

Sensory: fear, hear, listen, see, smell, taste, touch

Motor: eat, lift, manipulate, move, push, rub, run, say

Abstract: approach, break, clean, drive, enter, fill, near, open, ride, wear

Semantyka fMRI



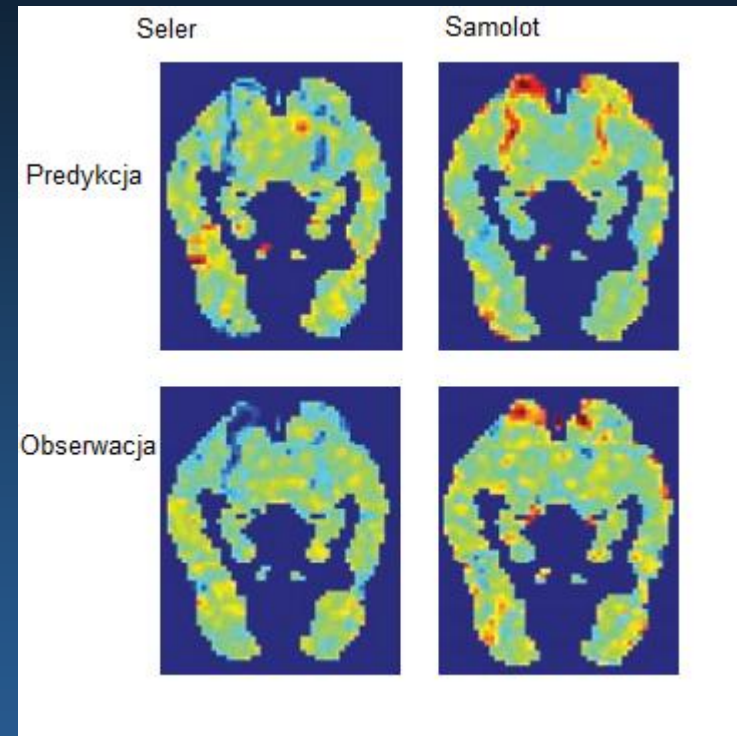
Model nauczony na ~ 10 skanach fMRI + korelacje z dużego korpusu słów (10^{12}) przewiduje aktywność fMRI dla wielu rzeczowników.

Aktywacja mózgu obserwowana w fMRI dla danego pojęcia jest prototypem stanu mózgu związanego z sensem tego słowa.

Pozwala to za pomocą korelacji pomiędzy słowami przewidzieć aktywacje dla nowych pojęć.

Pobudzenia mózgu to naturalna baza reprezentacji semantycznych.

2010 First Workshop on Computational Neurolinguistics.



Słowa w mózgu



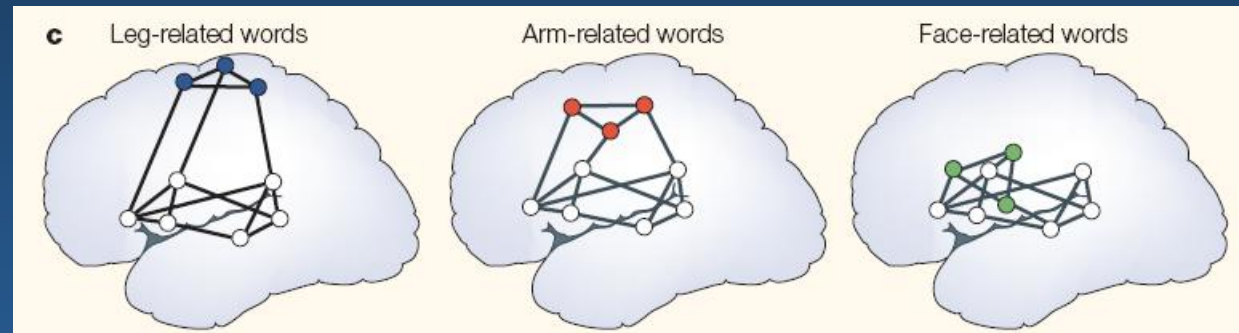
Eksperymenty psycholingwistyczne dotyczące mowy pokazują, że w mózgu mamy dyskretne reprezentacje fonologiczne, a nie akustyczne.

Sygnal akustyczny => fonemy => słowa => koncepcje semantyczne.

Aktywacje semantyczne następują 90 ms po fonologicznych (N200 ERPs).

F. Pulvermuller (2003) *The Neuroscience of Language. On Brain Circuits of Words and Serial Order*. Cambridge University Press.

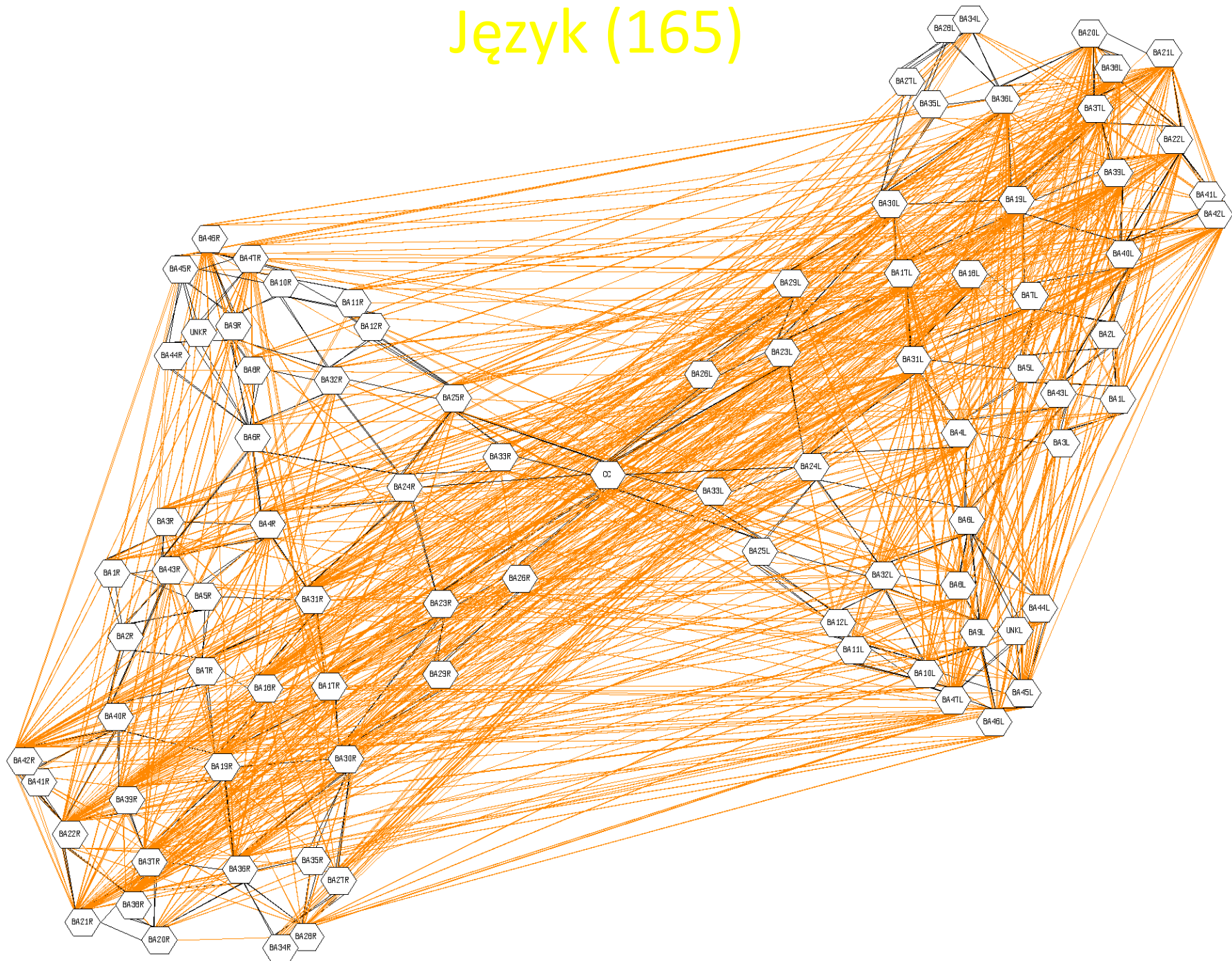
Sieci działania –
postrzegania,
wnioski z badań
ERP i fMRI.



Fonologiczna gęstość otoczenia słowa = liczba słów brzmiących podobnie jak dane słowo, czyli dająca podobne pobudzenia mózgu.

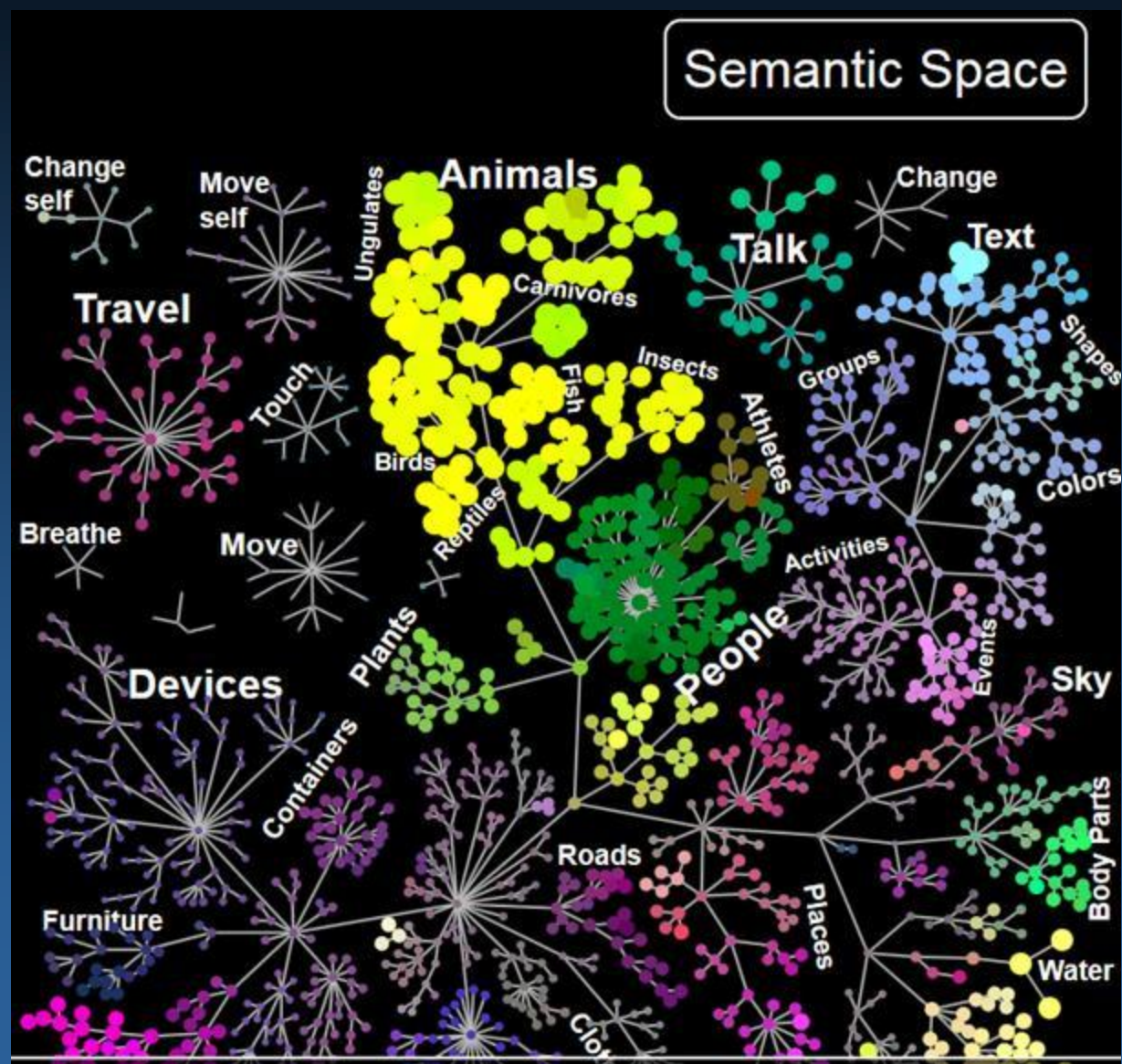
Semantyczna gęstość otoczenia słowa = liczba słów o podobnym znaczeniu (rozszerzona podsieć aktywacji).

Język (165)



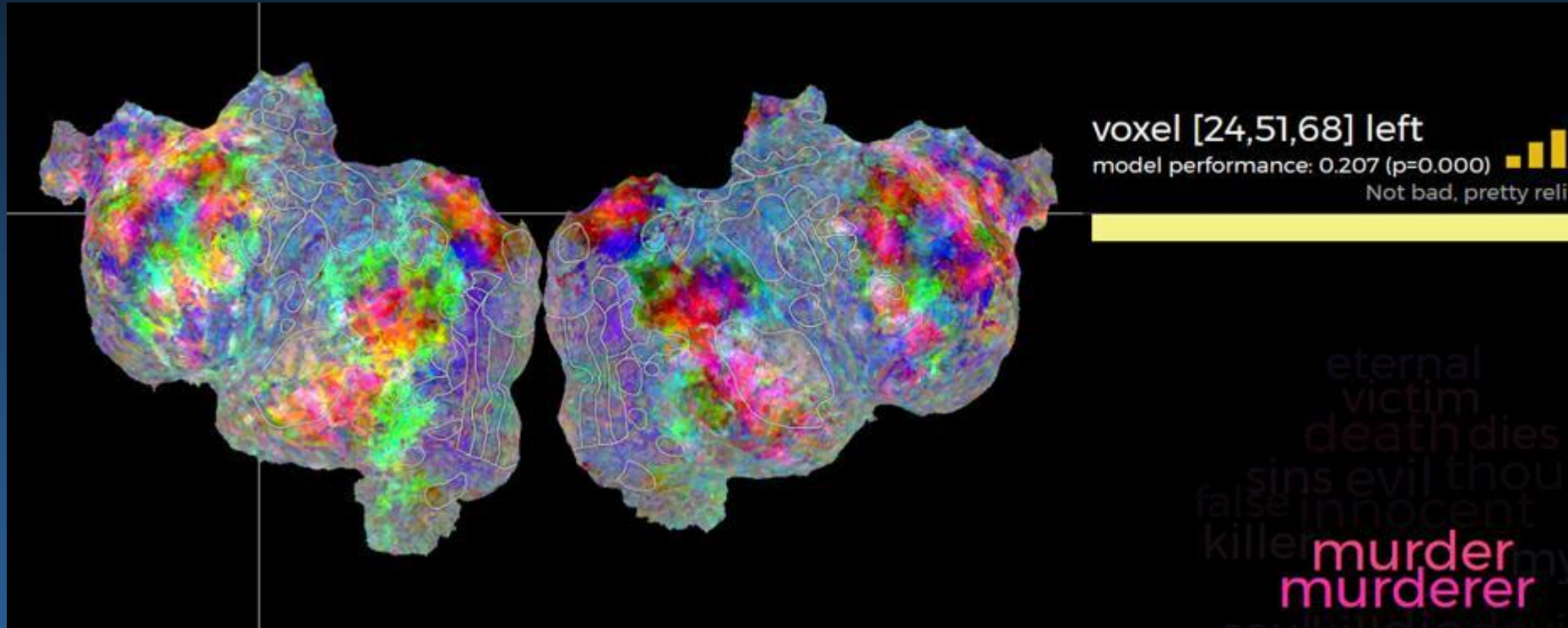
Semantyczna przestrzeń neuronalna

- Atlas semantyczny pokazuje aktywacje mózgu w czasie interpretacji sensu pojęć. Powstał dla 1700 pojęć z analizy aktywacji mózgu mierzonej za pomocą fMRI w czasie oglądania filmów, uśredniony dla 7 osób. Laboratorium Gallanta w Berkeley [redacted], nawigacja w przestrzeni semantycznych aktywacji mózgu.



Aktywacja kory

Większość wokseli bierze udział w kodowaniu wielu pojęć, ale niektóre mają silne preferencje, jak w tym przypadku.



Atlas Semantyczny

Atlas w wersji angielskiej

Przykład

spirit

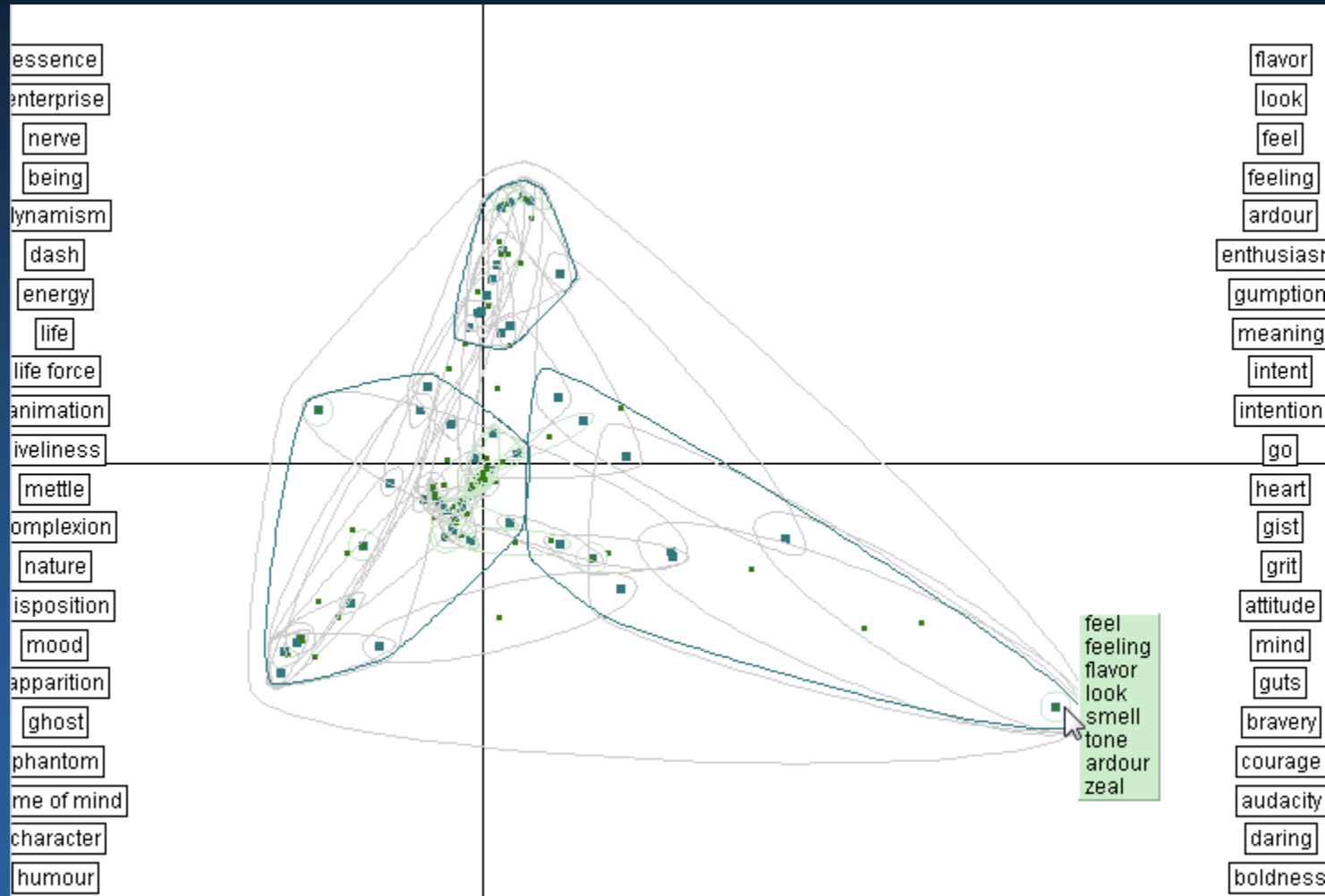
79 słów

69 klik =

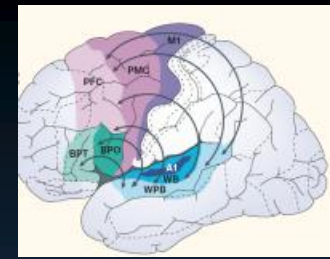
minimalnych
jednostek
mających
znaczenie.

Synset

= zbiór
synonimów w
Wordnecie.



Słowa i kreatywność



Cele:

- zrobić najprostszy model kreatywnego myślenia;
- tworzyć interesujące nowe nazwy, oddające cechy produktów;
- zrozumieć nowe słowa, których nie ma w słowniku.

Model zainspirowany przez procesy zachodzące w mózgu w czasie wymyślania nowych słów. Dany jest zbiór słów kluczowych, które pobudzają korę słuchową.

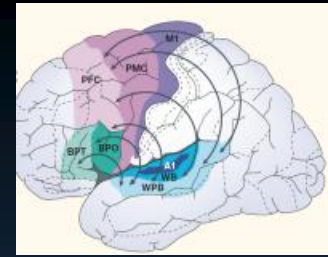
Fonemy (allofony) są rezonansami, uporządkowane pobudzenie fonemów aktywuje zarówno znane słowa jak i nowe kombinacje; kontekst + hamowanie w procesie „zwycięzca bierze wszystko” zostawia jedno słowo.

Kreatywność = wyobraźnia (fluktuacje) + filtrowanie (konkurencja)

Wyobraźnia: wiele chwilowych rezonansów powstaje równolegle, aktywując reprezentacje słów i nie-słów, zależnie od siły połączeń oscylatorów.

Filtrowanie: skojarzenia, emocje, gęstość fonologiczna/semantyczna.

Słowa i kreatywność



Cele:

- zrobić najprostszy model kreatywnego myślenia;
- stworzyć interesujące nowe nazwy, oddające cechy produktów;
- zrozumieć nowe słowa

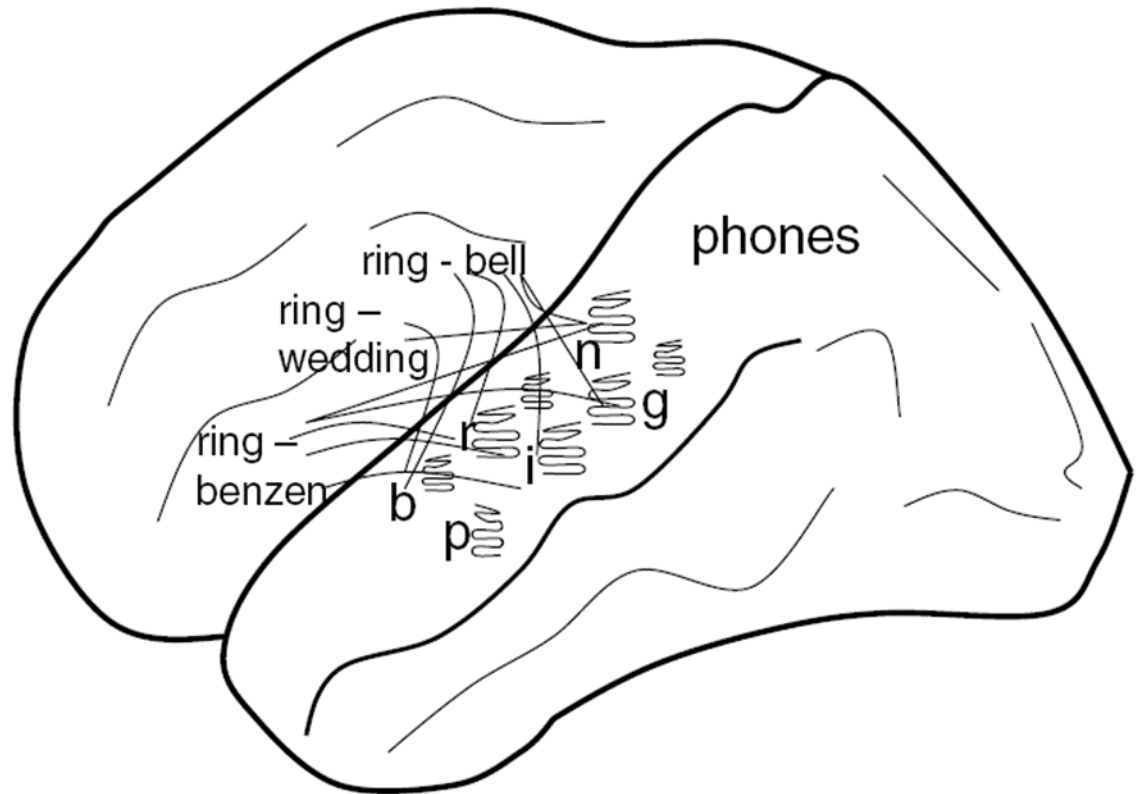
Model zainspirowany przez
nowych słów. Dany jest zb

Fonemy (allofony) są rezon
aktywuje zarówno znane s
w procesie „zwycięzca bie

Kreatywność = wyok

Wyobraźnia: wiele chwilo
reprezentacje słów i nie-s

Filtrowanie: skojarzenia, e



Słowa: eksperymenty

List od przyjaciela:

I am looking for a word that would capture the following qualities: portal to new worlds of imagination and creativity, a place where visitors embark on a journey discovering their inner selves, awakening the Peter Pan within.

A place where we can travel through time and space (from the origin to the future and back), so, its about time, about space, infinite possibilities.

FAST!!! I need it sooooooooooooooooooooooon.

creativital, creatival (creativity, portal), używane creatival.com

creativity (creativity, discovery), creativity.com (strategy+creativity)

discoverity = {disc, disco, discover, verity} (discovery, creativity, verity)

digventure = {dig, digital, venture, adventure} , nowe!

imativity (imagination, creativity); infinitime (infinitive, time)

infinition (infinitive, imagination), nazwa firmy

journativity (journey, creativity)

learnativity (taken, see <http://www.learnativity.com>)

portravel (portal, travel); sportal (space, sport, portal), używane

timagination (time, imagination); timativity (time, creativity)

tivity (time, discovery); trime (travel, time)

Filtr fonologiczny

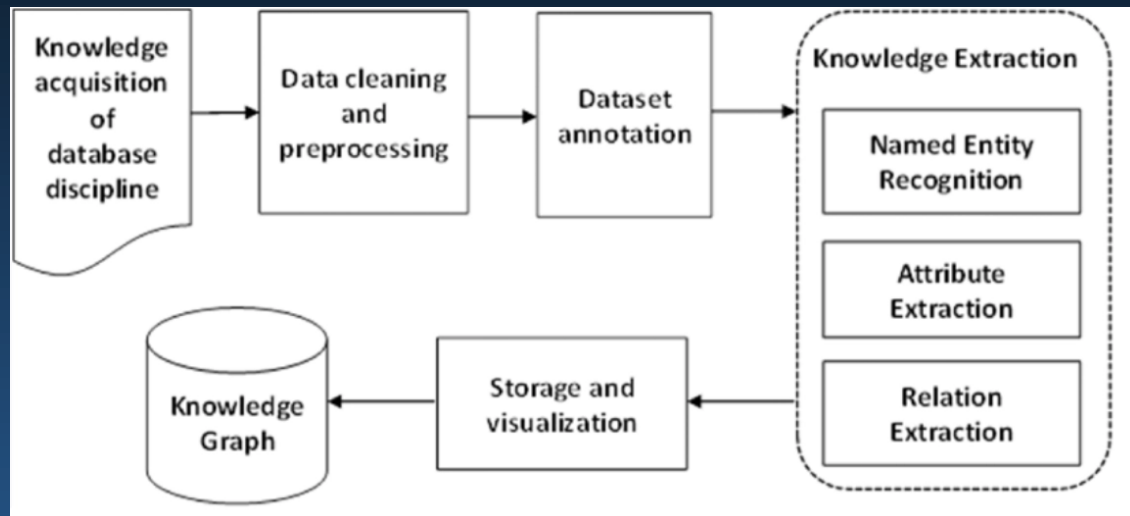
- Trenujemy sieć na słówkach z większego słownika.
- Tworzymy ciągi słów o “prawdopodobieństwie fonologicznym” > próg.
- Dostajemy poemat science fiction ... cybernetyczny poeta Kurzweila jest mniej zabawny.



Ardyczulił ardychstronnie
ardywialiwił ardyklonnnie:
ardywializować ardywianacje
argadolić argadziancje
arganiastość argastyczna
arganialność arganiczna
argasknie argasknika
argaszczyny argasznika.
Argulachny argawista
argumowny argumofon
argumiadał argumialenie.

Grafy wiedzy

Grafy wiedzy integrują dane z różnych źródeł w spójną strukturę, pozwalając wykorzystać informację w nich zawartą na wiele sposobów.



- Akwizycja danych.
- Rozpoznawanie i rozróżnianie obiektów (osób, miejsc itp.).
- Ekstrakcja relacji: Określanie powiązań między węzłami.
- Tworzenie ontologii
- Przechowywanie danych w bazie obsługi danych grafowych.
- Zapytania: używanie języków zapytań grafowych do nawigacji w grafie.
- Wnioskowanie: odkrywanie nowych relacji, identyfikowanie niespójności.

Zalety grafów wiedzy

- Ulepszona integracja danych strukturalnych i nieuporządkowanych.
- Ulepszone wyszukiwanie i odkrywanie dzięki relacjom między węzłami. Szukanie na podstawie słów kluczowych lub relacji między pojęciami. Semantyka pojęć ułatwia kontekstową interpretację.
- Ułatwienie wykonywania złożonych zapytań obejmujących wiele relacji między obiektami.
- Podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym, szybkie tworzenie połączeń między różnymi węzłami.
- Standardowe ramy reprezentowania danych ułatwiają interoperacyjność między różnymi systemami.

Wyszukiwanie informacji: zrozumienie relacji między różnymi elementami, takimi jak ludzie, miejsca i rzeczy, **graf wiedzy Google** zapewnia odpowiedzi i kontekst związany z pytaniami, a nie tylko listę linków.

Grafy wiedzy w systemach rekomendacji zapewniają spersonalizowane sugestie, łącząc produkty z preferencjami użytkownika, historią zakupów i zachowaniami innych użytkowników, aby polecać nowe produkty.

Enterprise EKM, zdrowie, systemy RAG, sieci społeczne ... [inne](#).

Microsoft Graph

Wykorzystaj bogactwo danych dostępnych za pośrednictwem Microsoft Graph do tworzenia aplikacji dla organizacji i konsumentów, które wchodzi w interakcje z milionami użytkowników.

Microsoft Graph to brama do danych i inteligencji na platformie Microsoft 365. Zapewnia ujednoczony model programowalności, którego można użyć do uzyskania dostępu do ogromnej ilości danych w Microsoft 365, Windows i Enterprise Mobility + Security.

Co można z tym zrobić?

Proszę popatrzeć na stronę [Microsoft. Graph overview](https://graph.microsoft.com)

<https://graph.microsoft.com>

[Tutorial](#)



Microsoft Graph

Wykorzystaj bogactwo danych dostępnych za pośrednictwem Microsoft Graph do tworzenia aplikacji dla organizacji i konsumentów, które wchodzi w interakcje z milionami użytkowników.

Microsoft Graph to brama do danych i inteligencji na platformie Microsoft 365. Zapewnia ujednoczony model programowalności, którego można użyć do uzyskania dostępu do ogromnej ilości danych z Microsoft.

Co można z tym zrobić?

Microsoft. Graph overview

<https://graph.microsoft.com>

Tutorial

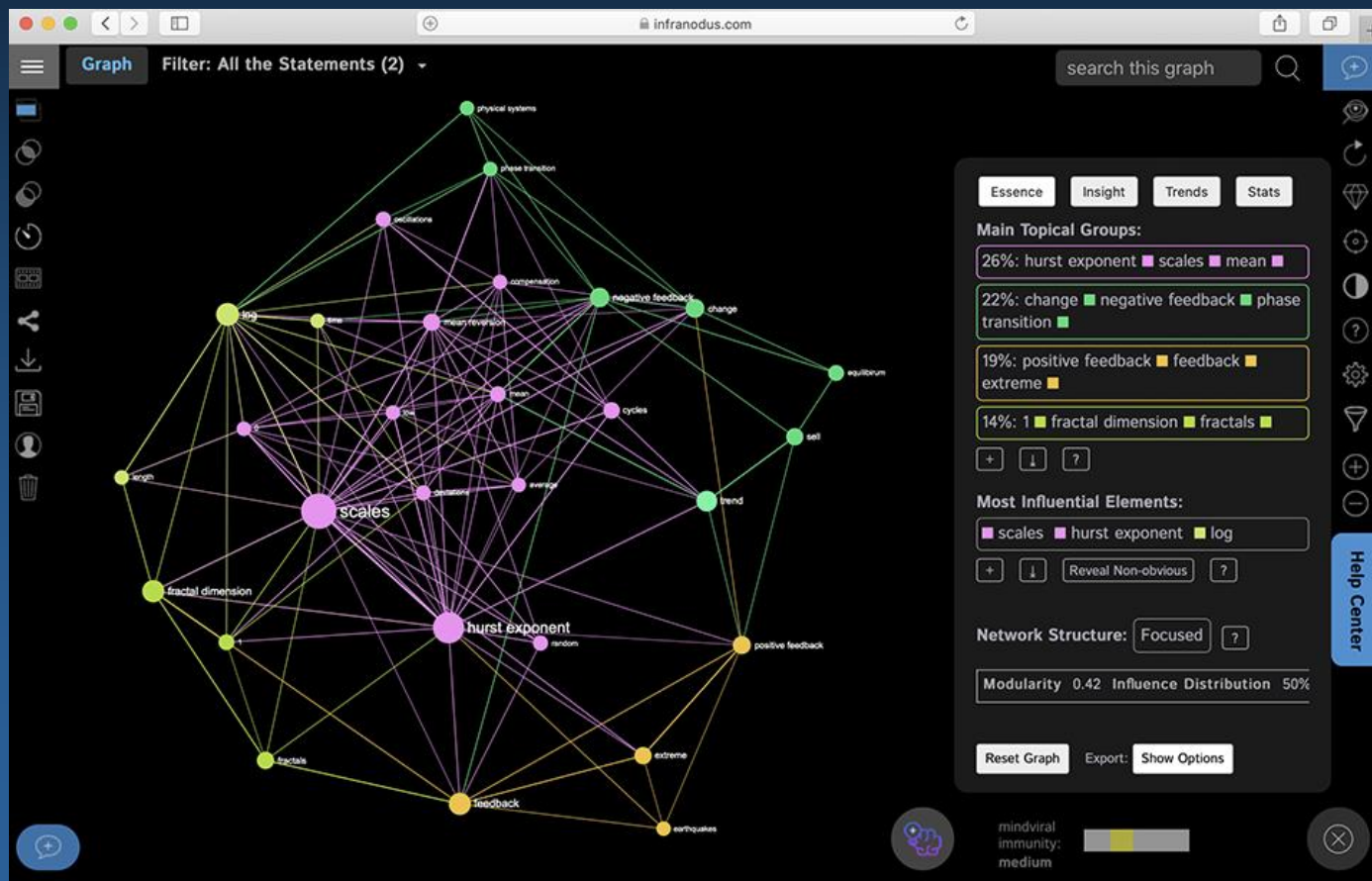
Wszystkie duże firmy mają swoje grafy wiedzy.



Infranodus KG

Infranodus – system wspomagający myślenie.

Graf wiedzy do analizy tekstów, analizy sentymentu, sieci społecznościowych, kreatywnego pisania i odkrywania nowej wiedzy.



Grafy atrybucji

Anthropic analizował [działanie modelu Claude 3.5 Haiku](#).

Modele językowe LLM to duże sieci neuronowe, nie działają na poziomie symboli, więc ich działania nie można bezpośrednio przedstawić na grafie wiedzy. Grafy atrybucji przypisują etykiety krokom łańcuchów aktywacji (chains of thoughts) w takich modelach, dostarczając hipotez dotyczących mechanizmów rozumowania w LLM.

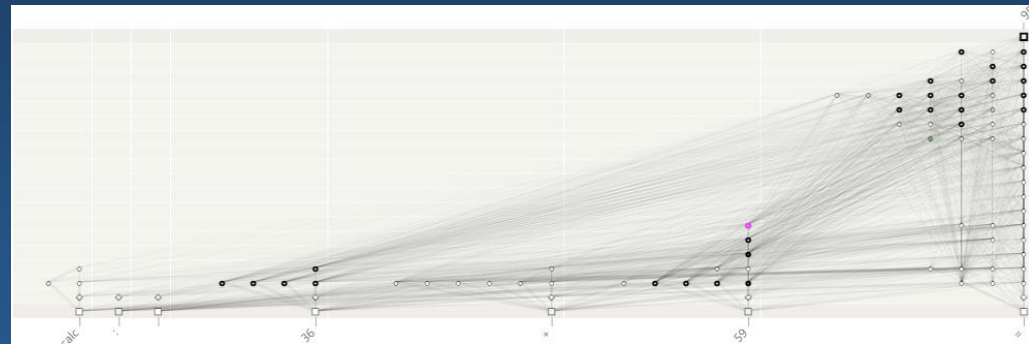
Aktywacja grup cech pozwala ją powiązać z jakimś pojęciem.

[Haiku dodaje](#) $36+59=$

Pamięta tylko dodawanie cyfr.

Szacuje niedokładnie

„dodaj coś koło 36 do czegoś koło 60”, „suma koło 92”.



Aktywuje funkcje modułowe o wysokiej precyzji po prawej stronie („lewy operand kończy się na 9” => „dodaj coś kończącego się dokładnie na 9”

=> „dodaj coś kończącego się na 6 do czegoś kończącego się na 9”

=> „suma kończy się na 5”. Zmienia 92 na sumę 95.

Nie nauczył się procedur matematycznych, potrafi tylko kojarzyć.