

Sztuczna Inteligencja

Systemy ekspertowe:
zastosowania i przykłady

Włodzisław Duch

Katedra Informatyki Stosowanej UMK

Google: Włodzisław Duch

TEIRESIAS: tworzenie baz wiedzy

Do wspomagania tworzenia baz wiedzy, pomaga dodawać, modyfikować i usuwać błędy z bazy wiedzy.

Zastosowany początkowo w systemie MYCIN, zajmującego się infekcjami bakteryjnymi. Typowa reguła wygląda następująco:

REGUŁA 095

IF Kultura bakteryjna rozwinęła się we krwi
 i odczyn jest gramopozytywny
 i bakterie wniknęły przez jelito
 i żołądek lub miednica są miejscem infekcji

THEN Istnieją silne poszlaki, że klasą bakterii, które są za to odpowiedzialne są Enterobacteriaceae.

TEIRESIAS cd

META-REGUŁA 001

IF (1) infekcja ma charakter brzuszny i
(2) użyto reguł które wspominają o Enterobacteriaceae i
(3) użyto reguł wspominających o pałeczkach
grampozytywnych

THEN z poziomem ufności 0.4 reguły dotyczące Enterobacteriaceae
powinny być użyte przed regułami dotyczącymi pałeczek.

Meta-reguła nie odwołuje się do żadnych specyficznych reguł, określa
tylko kolejność stosowania grup reguł.

Medycyna

System MYCIN

Program do diagnostyki i terapii chorób zakaźnych (Stanford, 1972), jeden z pierwszych medycznych SE.

- baza wiedzy
- baza danych pacjenta (opis przypadku)
- program konsultacyjny, zadający pytania, wyciągający wnioski i dający porady
- program wyjaśniający, uzasadniający porady
- program gromadzenia wiedzy, pozwalający na modyfikację i rozszerzania bazy wiedzy

Wiedza: reguły produkcji, listy, tabele, opis parametrów klinicznych ...

Reguły - jak w Theresias.

MYCIN - przykład dialogu

MYCIN dostaje dane bakteriologiczne, czasy pobierania próbek, nazwisko, płeć, wiek.

4) Czy określono mikrobiologicznie rodzaj możliwej infekcji?

Tak

5) Jakiego rodzaju jest to infekcja?

Primary-Bacteremia

6) Proszę podać kiedy nastąpiły pierwsze objawy infekcji.

15-Stycz-93 11:30

7) Skąd pochodzą próbki pierwszej kultury bakteryjnej?

Krew

8) Kiedy otrzymano próbki kultury bakteryjnej z krwi?

16-Stycz-93 12:00

MYCIN - dialog cd.

9) Pierwsza bakteria wyhodowana w tej próbce krwi będzie określana jako Organizm-1. Zidentyfikuj organizm-1.

Nieznany.

10) Czy organizm-1 jest pałeczką czy ziarnkowcem?

Pałeczką

11) Jaki jest odczyn organizmu-1

gramonegatywny

12) Czy organizm-1 rozwijał się aerobowo? tak

13) Czy organizm-1 rozwijał się anaerobowo? tak

14) Moje zalecenia terapeutyczne będą oparte o następujące prawdopodobne infekcje spowodowane przez nast. bakterie.

INFEKCJA-1 typu Primary-bacteremia

1. E. Coli (Organizm-1)

2. Pseudomonas-aeruginosa (Organizm-1)

MYCIN - dialog cd.

Teraz TEIRESIAS pytając eksperta:

Czy ta diagnoza jest prawidłowa? Nie

Czy brakuje jakiejś możliwości? Tak.

Jakiej?

klebsiella-pneumoniae, prrteus-non-mirabilis

Czy któreś z organizmów nie powinny się pojawić?

Tak

Które?

Pseudomonas-aeruginosa

Czy chcesz

- 1) sam szukać problemu
- 2) skorzystać z moich możliwości
- 3) zająć się tym później?

MYCIN - dialog cd.

Zacznijmy od *Pseudomonas-aeruginosa*

Następujące reguły doprowadziły do tej konkluzji:

REGUŁA 184

Ponieważ (1) typ organizmu nie jest znany

(2) odczyn organizmu jest gramujemny

(3) morfologia organizmu to pałeczka

(4) aerobiczność nie jest specyficzna

Istnieją pewne słabe poszlaki (0.3), że organizm-1 to *Pseudomonas-aeruginosa*

Czy ta reguła jest słuszna? tak

czy któreś z założeń nie było prawdziwe? tak

które?

1

MYCIN - dialog cd.

czy można było określić typ organizmu?

tak

jaki?

enterobacteriaceae

Następujące reguły odnoszące się do bakterii tego typu nie zostały użyte gdyż ich przesłanki nie były prawdziwe.

.....

Czy należało użyć którejś z nich?

nie

czy brakuje jakiejś reguły?

tak

proszę o podanie reguły

IF ... tu ekspert wpisuje regułę.

MYCIN - dialog cd.

Po przeanalizowaniu system odpowiada:

nie lubię pana krytykować, doktorze Duch, ale czy wie pan, że większość reguł, określających typ organizmu, które dotyczą infekcji miejsca rozwoju kultury bakteryjnej wspominają również o sposobie wniknięcia do organizmu

czy mam dodać odpowiedni warunek?

tak

TEREISIAS sprawdza, czy dodanie reguły usunęło problem i prosi eksperta o komentarz, dlaczego dodano nową regułę. Komentarz ten przydatny jest w przypadku pojawienia się problemów na skutek korzystania z nowej reguły w nowych sytuacjach.

Medycyna

Porównanie diagnoz i zaleceń MYCIN i 5 specjalistów z Stanfordu: MYCIN 52 punkty, specjaliści 34 - 50 p, student medycyny 24 punkty.

EMYCIN (1981), rozwinięcie NEOMYCIN (1984).

PUFF i jego rozwinięcie CENTAUR (1983), do diagnozy chorób płuc.

INTERNIST: choroby poszczególnych organów: płuc, serca, wątroby; ok. 2000-10.000 chorób, podejście hierarchiczne.

Wiele innych ekspertowych systemów medycznych.

Czemu nie ma SE w szpitalach?

ES w chemii

System **DENDRAL** (od 1965 roku, Stanford University)

Generacja struktur chemicznych zgodnych z informacjami z spektrografii masowej, NMR, widm IR, UV, informacjami o reakcjach chemicznych.

Określanie struktury substancji chemicznych i biologicznych:
rentgenograficznie - bardzo drogie.

Spektrometr masowy: rozbija wiązkę elektronów cząsteczki, analizuje masę naładowanych fragmentów, wykres intensywność $-e/m$.

Wzór sumaryczny: $C_6H_{13}NO_2$ ponad 10.000 izomerów.

Wzór sumaryczny: $C_{25}H_{52}$ ponad 36 mln izomerów.

Dendral

- **Moduły**

Planowanie: spektrogram - fragmenty cząsteczki.

Generacja: tworzy wszystkie struktury przestrzenne zgodne z więzami.

Algorytm dla struktur niecyklicznych z 1964, a cyklicznych z 1976 roku.

Testowanie: symulacja i ocena podobieństwa widm

- **Przykład reguły**

Jeśli: widmo ma 2 piki dla mas x_1 i x_2 takich, że

a) $x_1 + x_2 = M + 28$ i

b) $x_1 - 28$ to wysoki pik i

c) $x_2 - 28$ to wysoki pik i

d) przynajmniej jeden z pików x_1 , x_2 to wysoki pik

to: cząsteczka zawiera grupę ketonową.

Dendral cd.

Ograniczenia redukują możliwe struktury dla $C_8H_{16}O$ z 790 do 3 struktur.

Od 1969 roku używany w chemii, m.in. wyjaśniono:

- strukturę estrów organicznych,
- hormonów,
- antybiotyków,
- nieczystości w substancjach chemicznych.

Dla substancji mieszanych wyniki lepsze niż uzyskiwane przez prawdziwych ekspertów.

Chemia cd.

Meta-DENDRAL: automatyczne tworzenie teorii, tworzenie koncepcji w wyniku indukcji, np. szukanie reguł typu:



na podstawie widm znanych struktur.

Moduły: INTSUM, RULEGEN, RULEMOD (rule refinement);

Użycie *version spaces*, algorytmu uczenia maszynowego.

Meta-DENDRAL odkrył znane reguły dla kilku klas cząsteczek i znalazł nowe dla wielu klas; stosowany w spektroskopii masowej i spektroskopii NMR ¹³C.

Chemia cd.

CRYNALIS do krystalografii białek - koszt zbadania struktury białka może sięgać wielu milionów \$.

Interpretacja map gęstości elektronowej i innych danych w oparciu o reguły i koncepcję „tablic”; event-driven control structure.

- **Heurystyczna interpretacja widm:**

algorytm LS (library search algorithm) - dopasowanie wzorca;

algorytm sieciowy - analiza w oparciu o drzewa decyzji;

algorytm wektorowy - tworzenie wektora opisującego strukturę.

Chemia - synteza

- **CASD - Computer Aided Synthesis Design**

Typowa synteza > 10 odrębnych reakcji.

Najprostszy steroid z 20 atomów - synteza na 10^{18} sposobów!

Liczba podstawowych substratów < 500,
innych substratów używanych w przemyśle < 2000.

Bazy danych - rzędu 500 schematów reakcji;
ponad 100.000 konkretnych reakcji.

Nowe reakcje chemiczne - ogólna teoria oparta na modelu D-U (Dugundji, Ugi).
3 macierze reakcji - 77% wszystkich reakcji przemysłowych.

Metody AI doprowadziły do odkrycia wielu nowych reakcji chemicznych.

Chematica odkrywa nowe, jeszcze nieopatentowane ścieżki reakcji.

Biologia i genetyka

Biologia molekularna i genetyka: procesy zbyt skomplikowane by człowiek mógł je w pełni zrozumieć.

Badania doświadczalne dostarczają danych, ale potrzeba teorii, zrozumienia związków pomiędzy genami, białkami, budową komórek i ich funkcjami.

EcoSys, encyklopedia E. Coli zawiera wiedzę z 35.000 publikacji.

Najprostsze bakterie, np. *Escherichia Coli*, mają skomplikowany metabolizm, w 2009 roku było 1800 reakcji katalizowanych przez 1425 enzymów, 4495 genów, 3612 produktów genów

Ontologie: symboliczny opis obiektów znajdujących się w komórce i ich funkcji.

BioCyc zawierał (koniec 2020 r) 18 000 baz genomycznych i ścieżek metabolicznych, 95 000 publikacji, 2400 mikrobów i bakterii, w tym MetaCyc.

Meta-reakcje: typowe reakcje w komórce, pozwalają na podstawie informacji genomycznej przewidywać możliwe reakcje.

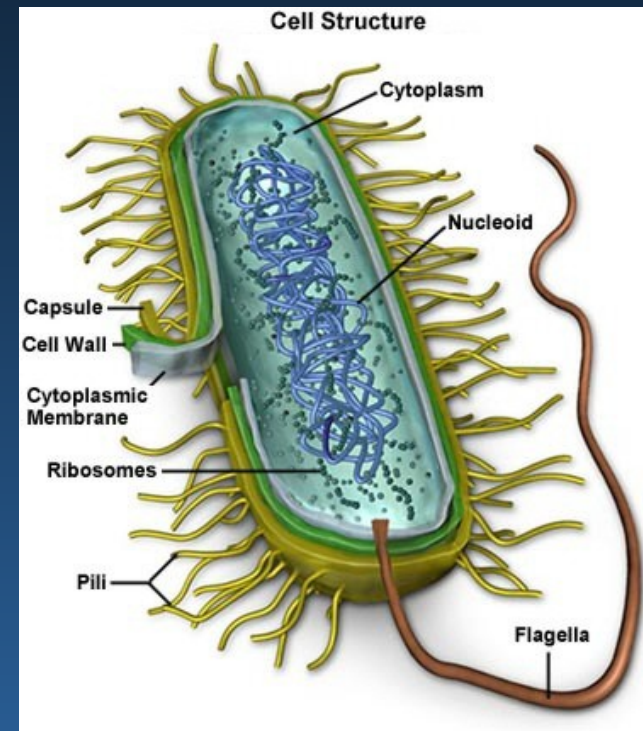
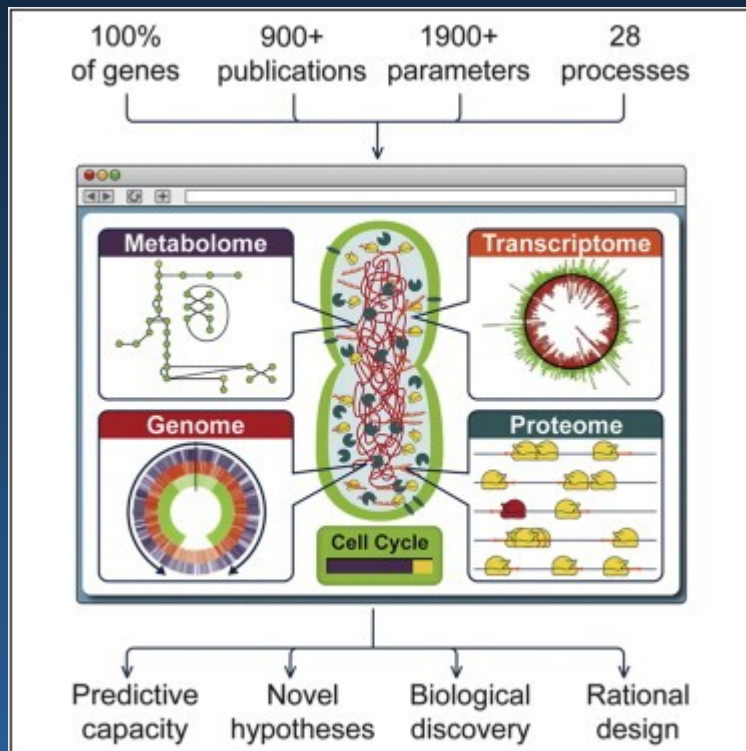
Bazy wiedzy opisujące ścieżki reakcji odpowiadają na interesujące pytania.

Biologia i genetyka

Jak z informacji w DNA powstaje skomplikowana struktura przestrzenna komórki? Patogen *Mycoplasma genitalium*, 525 genów.

A Whole-Cell Computational Model Predicts Phenotype from Genotype. *Cell* 150(2), 389-401, 20 July 2012

Eksperymenty *in silico* przewidują nowe procesy metaboliczne.



Matematyczne SE

Systemy algebry symbolicznej to jedne z pierwszych komercyjnych i szeroko stosowanych zastosowań AI:

Systemy ogólnego użytku: Axiom, Macsyma, Maple, MathCAD, Reduce, MuMath, Mathematica 6 z dowodzeniem twierdzeń.

Specjalistyczne: FORMAC, ALTRAN, SCRATCHPAD ...

Systemy dowodzenia twierdzeń dały wiele nowych wyników:

- dowody istnienia pewnych kwazigrup,
- EQP, dowód hipotezy Robbinsa (z 1936 roku),
- zawody programów dowodzących na konferencji CADE.
- Weryfikacja FPU w mikroprocesorach.

Projekt QED: próba formalizacji całej matematyki (nieaktywny).

Projekt Mizar, 9400 definicji i 49.000 twierdzeń, rozwijany od 1993 roku.

TheoryMine (Edinburgh) – odkryj nowe struktury matematyczne i udowodnij a potem kup sobie twierdzenie. Projekt działał przez 10 lat ale wiele nie zarobił.

Inteligentne wyszukiwanie

Google: dość proste algorytmy oparte na linkach.

Milion publikacji naukowych rocznie! Jak znaleźć ważne publikacje?

[irisi.ai](https://www.iris.ai) - Research discovery with artificial intelligence.

Consistently outperforming old school search tools, Iris.ai starts from a paper of your choice, “fingerprints” it based on machine extracted keywords, contextual synonyms and hypernyms, and matches the fingerprint against >83M Open Access papers.

Mezi is your Personal Travel Assistant:

Mezi gathers requirements and preferences related to preferred travel accommodations (from flights and car rentals, to hotels and dining inclinations) and learns to build profile preferences over time, using a natural language messaging interaction.

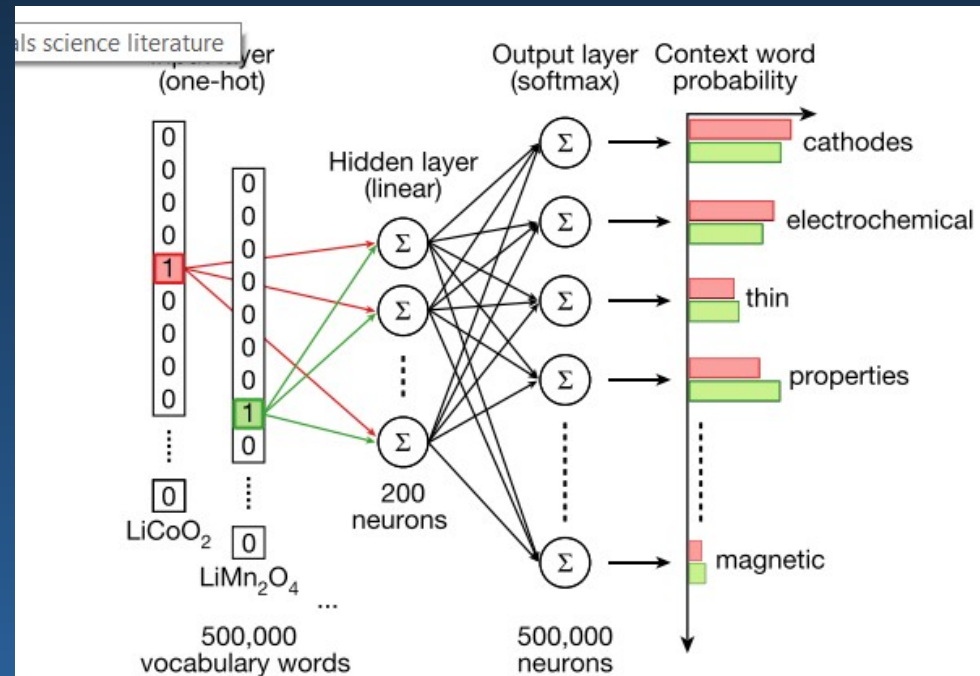
Poważne zastosowania

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

Materials science knowledge present in the published literature can be efficiently encoded as information-dense word embeddings without human supervision. Without any explicit insertion of chemical knowledge, these embeddings capture complex materials science concepts such as the underlying structure of the periodic table and structure–property relationships in materials.

Furthermore, we demonstrate that an unsupervised method can recommend materials for functional applications several years before their discovery.

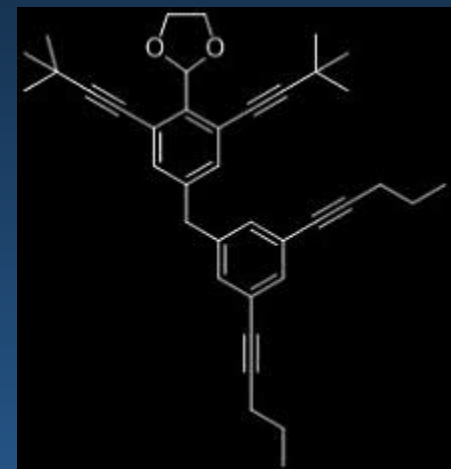
[GPT Crush](#): see applications in business, design, education, philosophy, research, creative writing and many other areas.



Chemia i nowe 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.
- D. C. Elton, Z. Boukouvalas, M. D. Fuge, P. W. Chung, “Deep learning for molecular design—a review of the state of the art,” *arXiv:1903.04388v3*, [cs. LG], 2019.
- P. Staar, M. Dolfi, C. Auer. Corpus Processing Service: A Knowledge Graph Platform to perform deep data exploration on corpora. *Authorea* 2020.
- S. Takeda, et al, Molecular Inverse-Design Platform for Material Industries. *Proc. ACM KDD-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.



AI wspomaga badania naukowe

1. Explore the scientific literature

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



Semantic Scholar

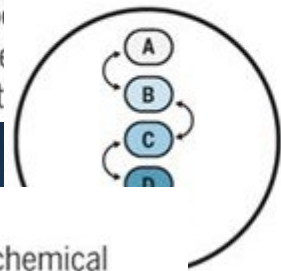
A search engine that extracts not just words from papers, and "influential

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.

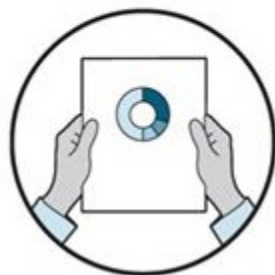


Transcriptic, Emerald Cloud Lab

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.

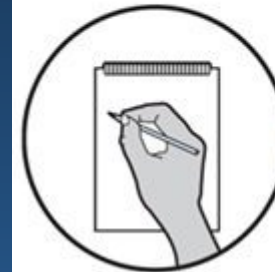


Nutonian

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.

JUST HOW MUCH OF SCIENCE can be delegated to machine-learning systems depends on whom you ask ([Science](#) 07.072017): ... the ultimate goal is "to get rid of human intuition." Try [Labworm](#) list of tools.

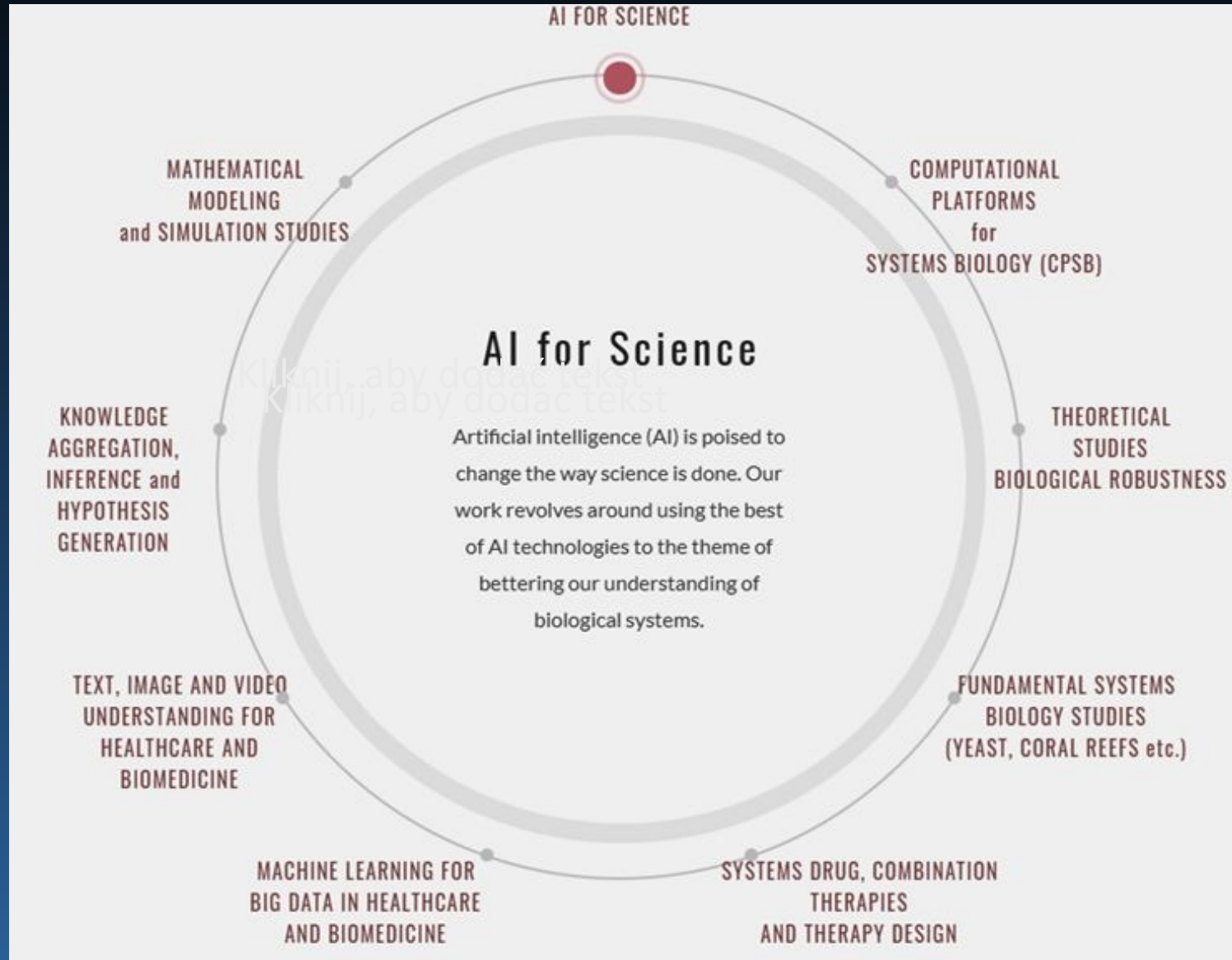
Garuda Tools from SBI

Garuda: discover tools for data and the scientific questions you wish to address.

Accelerated discoveries!

AI tools support discovery process at every step, from questions to reports.

Labworm list of tools.



Human resources

Leena AI to asystentka HR odpowiadająca natychmiast na pytania pracowników, używana przez wielkie firmy, takie jak Hitachi czy CocaCola.

<https://leena.ai/>

Automatyzacja helpdesk, obiecuje spersonalizowane relacje z każdym pracownikiem.

HR chat bot

- Query Resolution: Employee Assistance Bot zmniejsza potrzebę reakcji działu kadr w firmie odpowiadając na pytania.
- Leave Related Services: pozwala ustalić daty urlopów, pokazuje ile dni zostało i ile wykorzystano.
- Contextual Offers: poleca pracownikom oferty dostosowane do ich sytuacji, np. działu socjalnego czy zniżki na podróże.

ICAI: Inteligentne wspomaganie nauczania

Intelligent tutoring system (ITS)

Współpraca z kognitywistyką, psychologią, HCI, filozofią ...

Przykładowe projekty:

Nauczanie języka dzieci specjalnej troski: wspomaganie korekcji wad wymowy, problemów z pisaniem i czytaniem, ES zbierające informację pozwalająca na zrozumienie trudności konkretnego dziecka (diagnostyczne).

Nauczanie języków obcych: modelowanie wiedzy ucznia, strategii uczenia się, rozpoznawanie problemów i działania korekcyjne, np. dobór odpowiednich przykładów.

Sporo dobrych przykładów.

ICAI 1

Intelligent tutoring systems (ITS)

Tradycyjna forma nauczania, dobre do nauczania algebry, przyswajania wiedzy książkowej.

Interactive learning environments (ILEs)

Środowisko uczenia się przez zadawanie pytań, rozwój indywidualny wynikający z pracy własnej.

Carnegi Learning Cognitive Tutors:

PAT - wspomaganie nauczania algebry, projekt rozpoczęto już w 1984 roku.

Projekt Pittsburgh Urban Mathematics Project (PUMP), 9 klasa, szkoły w rejonie Pittsburga (USA).

Probabilistyczny (Bayesowski) model wiedzy ucznia, używany do wyboru przykładów do nauki.

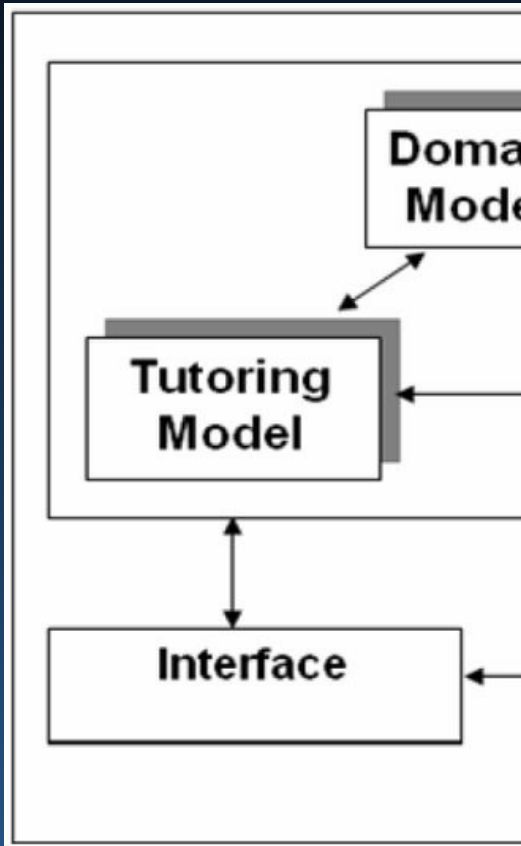
Ocena 1993-94 na 470 uczniach pokazała lepsze wyniki średnio o 100% w grupie problemów algebraicznych i 15% w ogólnych matematycznych.

Porównania innych systemów - podobnie.

Omówimy ten system przy okazji architektur kognitywnych.

Cognitive Tutors

Najczęściej ograniczone od matematyki i programowania.



The screenshot shows the MATHia interface for the problem "Identifying Key Characteristics of Graphs of Functions". The user is in the "Hints" section. The interface displays a series of questions about a graph, with a "Hint" popup window open. The graph shows a horizontal dashed line at $y = 8$ and a vertical solid line at $x = 0$. The questions and their answers are:

- Select the number of y -intercepts: **1**
- Enter the coordinates of the y -intercept: **(0, 8)**
- Select the number of x -intercepts: **0**
- Does the function have a minimum x -value? Yes No
- Does the function have a maximum x -value? Yes No
- Select a statement to describe the domain:
- Does the function have a minimum y -value? Yes No
- Does the function have a maximum y -value? Yes No
- Select a statement to describe the range:

The "Hint" popup window contains the text: "Look at the graph. Does the given graph have a minimum x -value?" and a "Next" button. The interface also includes navigation buttons like "Unit Overview", "Step-by-Step", "Sample Problem", and "Hints", along with a user profile "Polly Nomial".

ICAI 1

Jakościowe sposoby rozumowania używane w systemach wspomagających nauczanie ekologii. Rozumienie różnych punktów widzenia: wspomaganie sztuki argumentacji, prowadzenia dyskusji, oceny rozbieżności, analiza logiczna.

Narzędzia wspomagające budowę modeli sytuacji, zbierania i oceny danych oraz wiedzy, używane w szkołach podstawowych i średnich w Szkocji.

Modelowanie uczenia przez analogię i tworzenia nowych kategorii.

Analiza i ekspresja emocji przez nauczyciela, zaangażowania w czasie nauki.

Inne programy typu ITS służą do nauczania geometrii, języków programowania, np. Lispu, elektroniki.

- **Micro-tutoring**, czyli częściowe wspomaganie nauczania. Wspomaganie nauczania studentów medycyny.
- Wspomaganie interpretacji obrazów mamograficznych (Montreal).
- Symulacje procesów zachodzących w organizmie.

Przykład: [Mindspark](#), system wprowadzony w Indiach.

Przykład ICAI: Scholar

SCHOLAR – jeden z pierwszych programów, nauczanie geografii Ameryki Południowej. Baza w postaci sieci semantycznej, pomaga w prowadzeniu dialogu. Węzeł sieci to koncepcja lub obiekt geograficzny; nazwy, listy atrybutów/wartości. Napisany w LISP.

Np. węzeł dotyczący Peru:

((EXAMPLE-NOUN PERU))

(I 0) *Węzeł ma najwyższy czynnik "ważności"*

(SUPERC (I 0) COUNTRY) *Odwołuje się do superkoncepcji "państwo,, i*
(SUPERP (I 6) SOUTH-AMERICA) *"kontynent"*

(LOCATION (I 0) *wartości atrybutu "położenie"*

(IN (I 0) (SOUTH-AMERICA (I 0) WESTERN))

(ON (I 0) COAST (I 0) (OF (I 0) PACIFIC))

(LATTITUDE (I 4) (RANGE (I 0) -18 0)) (LONGITUDE (I 5) (RANGE (I 0) -82 -68))

(BOARDERING COUNTRIES (I 1)

(NORTHERN (I 1) (LIST COLUMBIA ECUADOR)) (EASTERN (I 1) BRAZIL) ...

ICAI - Scholar dialog

Przykładowy dialog z systemem SCHOLAR:

Jakiego języka używa się w Argentynie?

** Chyba hiszpańskiego.

Bardzo dobrze.

Jaka jest przybliżona powierzchnia Argentyny?

** Powiedz mi coś o Peru

Peru jest krajem. Leży w Ameryce Południowej. Stolicą jest Lima
Teraz odpowiedz na zadane pytanie.

** Około 1,100,000 mil kwadratowych.

W przybliżeniu dobrze, ale bardziej dokładnie to 1,200,000.

** Czy w Asuncion jest gorąco?

Ponieważ Asuncion to część Paragwaju, wnioskuję że tak.

** Jaka jest najważniejsza różnica pomiędzy Peru i Paragwajem?

Najważniejsza różnica to: Peru ma 7.8 razy więcej ludności

ICAI 2

10 EdTech Companies Enhancing Education and Learning through AI

Nauczanie matematyki jest najczęstszym zastosowaniem ICAI:

Become a Math Champion Guided by Expert Coaches. Powered by AI

Ale jest też np. MIT Scratch: uczy młodych ludzi kreatywnego myślenia, współpracy, oraz wyciągania wniosków. Twórz historyjki, gry i animacje.

Są też „**Course Advisory Expert System (CAES)**” do wyboru zajęć w programach studiów, lub systemy doradcze wyboru kariery,

An Intelligent Career Advisor Expert System

i wiele innych systemów doradczych w edukacji.

Oceny możliwości i przydatności AI w edukacji są optymistyczne, zwłaszcza w obliczu rozwoju Internetu i dostępu do sieci z domu.

Elementy AI obecne są w licznych programach wspomagających nauczanie, ale tak jak w przypadku innych systemów ekspertowych nie były wyróżniane.

Cognitive AI: Creating a New Standard in Personalized Learning and Healthcare.

Inne SE

- **Geologia**

PROSPECTOR: SE asystujący geologom; zawiera model złóż geologicznych. Kilkaset reguł definiuje model złoża, poziom przekonania o występowaniu różnych własności.

Przy jego pomocy odkryto szereg złóż.

- **Computer Base Consultant**

CBC, komputerowy konsultant z SRI, pomaga mechanikowi w naprawie, analizuje wypowiedzi mechanika, ma dalmierz laserowy i kamerę TV, laser służy za wskaźnik, np. system zapytany: Gdzie jest obejma pompy, pokazuje laserem. System ma model wewnętrzny urządzenia i korzysta z NLP.

Tendencje

1. Od specjalnych stacji roboczych do komputerów osobistych.
2. Od specjalnych języków i Lispu do C i C++
3. Od systemów niezależnych do zintegrowanych z bazami danych.
4. Wiele metod reprezentacji wiedzy i rozumowania.
5. Nie technologia lecz rozwiązywanie realnych problemów.
6. Sprawność, koszty rozwoju, analiza opłacalności.
7. Automatyzacja akwizycji wiedzy dzięki uczeniu maszynowemu.

Zastosowania: finansowe, w procesach wytwórczych, zarządzania, kolejkowania i ustalania połączeń, szczególnie dla linii lotniczych, obsługi klientów, projektowania; militarne, analiza danych, systemów takich używa się też w inżynierii oprogramowania, administracji państwowej, przemyśle transportowym i kosmicznym oraz wielu innych.

Superekspertowe systemy: Watson, CYC, architektury poznawcze, informatyka i robotyka kognitywna, połączenie z analizą sygnałów.

Analiza rynku

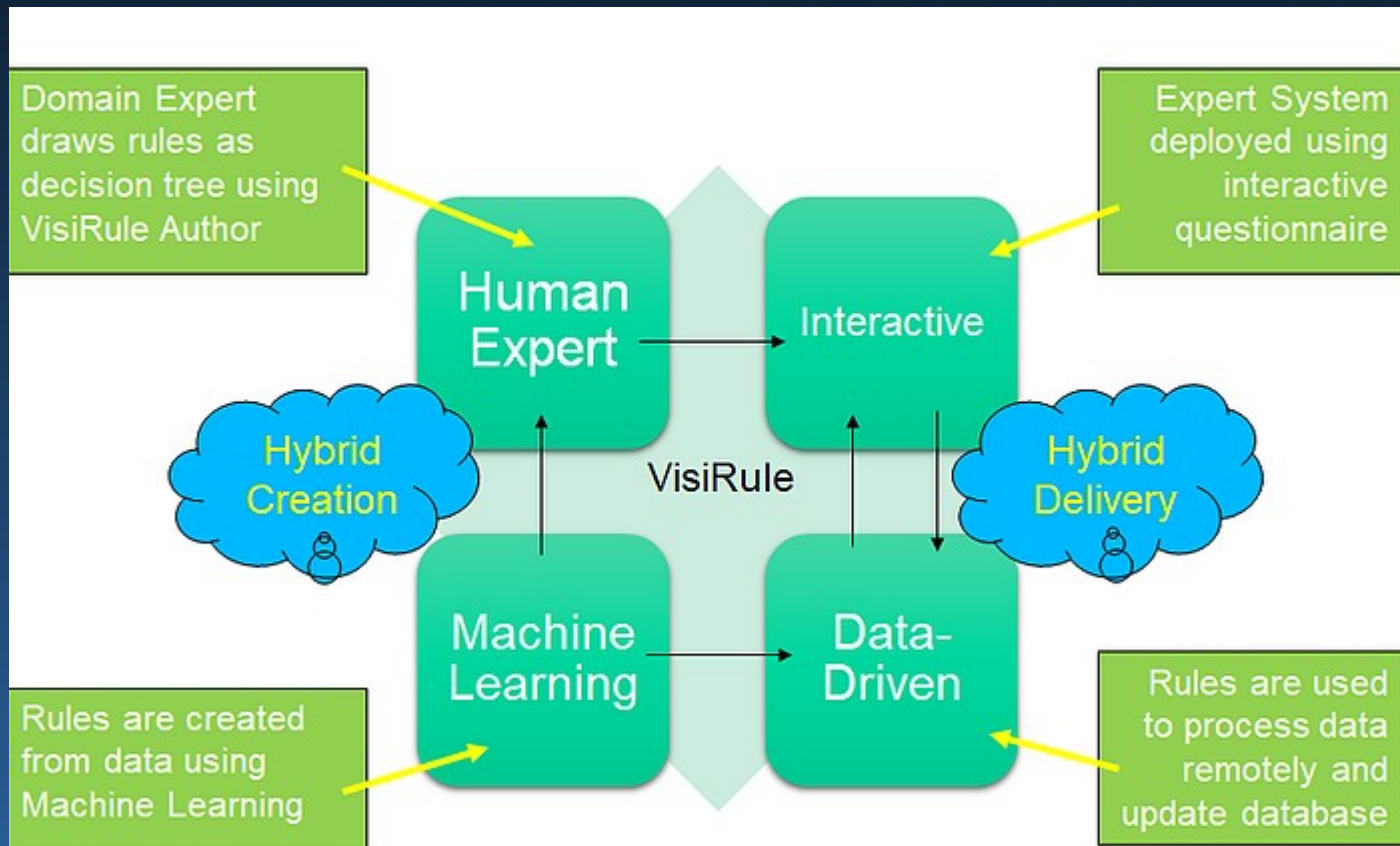
Wartość technologii związanych z AI rośnie w szybkim tempie.

The AI market for enterprise systems is estimated to grow from USD 202 mln in 2015 to USD 11 bln by 2024 ([Techmergence.com](https://www.techmergence.com))



Expert system demo

VisiRule is a code-free AI-powered software package which enables business professionals, such as lawyers, accountants and engineers, to graphically build executable models using their expert knowledge and machine learning ... capture their professional expertise in an online rules-based advice system without the need for programmers.



Przykładowe pytania

- Co to jest system ekspertowy?
- Od czego zależy jakość systemu ekspertowego (SE)?
- Jakie są etapy tworzenia SE?
- Jakie znasz metody akwizycji wiedzy?
- Jak przechowuje się wiedzę w SE?
- Jak klasyfikujemy SE?
- Jakie znasz architektury SE?
- Opisz architekturę XXX SE.
- Jakiego znasz języki służące do tworzenia SE?
- Jakie są rodzaje niepewności wiedzy?
- Jakie są zalety i wady SE?
- Ogólna konstrukcja systemu MYCIN.
- Dlaczego SE są konieczne w biologii?
- Jak SE przydają się w chemii? Matematyce?