

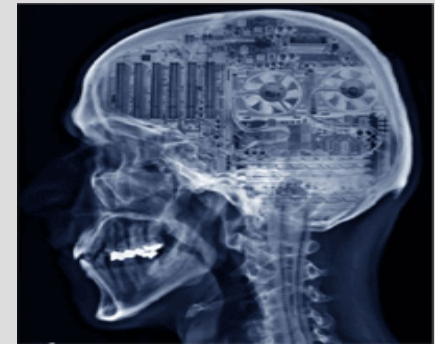
Czego kognitywistyka może nas nauczyć o odkryciu naukowym

Piotr Giza
Zakład Logiki i Filozofii Nauki
Wydziałowa Pracownia Komputerowa

Czym zajmuje się kognitywistyka?

Kognitywistyka (nauki o poznaniu) to dziedzina nauki wyjaśniająca ludzkie poznanie:

- percepcja
- pamięć
- rozumienie
- rozumowanie
- zdolności językowe
- rozwiązywanie problemów
- inteligencja



w terminach: filozofii, psychologii, zasad działania mózgu
Jednocześnie jest to dziedzina umożliwiająca tworzenie sztucznych (komputerowych) systemów wykazujących się tymi zdolnościami.

Odkrycie naukowe

Odkrycie naukowe tradycyjnie uważane jest za domenę geniuszu. Kojarzy się nam ono z nazwiskami wielkich uczonych, którzy w przebłysku genialnej intuicji formułowali nowe rewolucyjne teorie czy odkrywali nowe zjawiska. Co więcej, ów przebłysk intuicji dostępny byłby jedynie wybranym, a my, zwykli śmiertelnicy, nie możemy go ani doświadczyć ani zrozumieć.

Wielcy odkrywcy



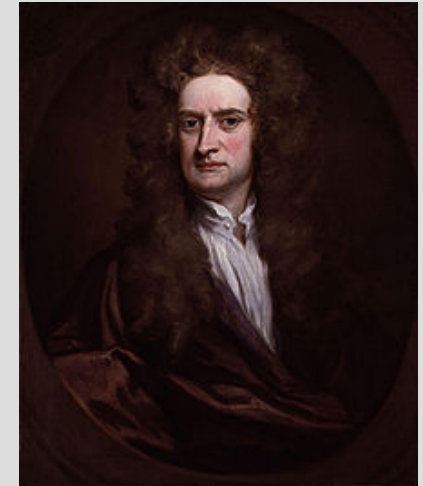
Galileusz

Prawo spadku
swobodnego



Johannes Kepler

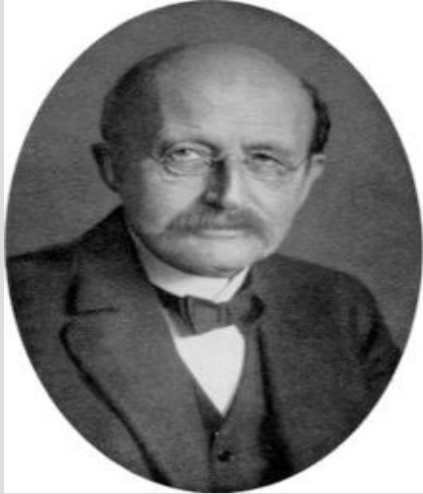
Prawa ruchu
Ciał niebieskich



Isaac Newton

3 zasady
dynamiki

Wielcy odkrywcy



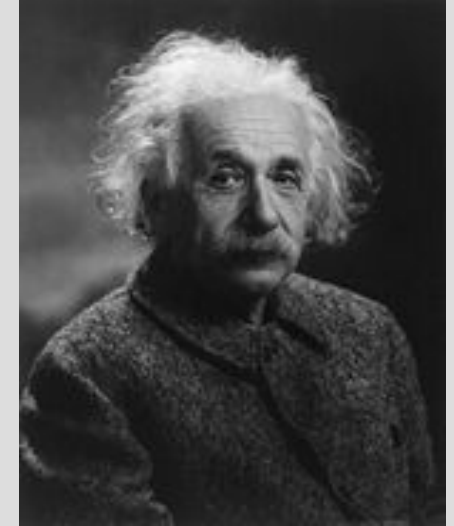
Max Planck

Promieniowanie ciała doskonale czarnego
Teoria kwantów



Maria Skłodowska-Curie

Badania nad promieniotwórczością
Techniki rozdzielania izotopów
Odkrycie polonu i radu



Albert Einstein

Teoria względności

Komputery miałyby dokonywać odkryć?

Mówienie o systemach komputerowych, które miałyby dokonywać odkryć naukowych, wydaje się na pozór utopią, a z pewnością bardzo odległą science fiction. Skoro bowiem szczytem techniki dopiero ostatnich lat są maszyny na tyle “inteligentne”, by sterować linią obrabiarek, nadzorować lot statku kosmicznego czy grać w szachy, a więc wykonywać zadania, którym w zasadzie byłby w stanie podołać odpowiednio “wytrenowany” zwykły człowiek, to jakże daleko im jeszcze do wyżyn geniuszu, na które ów zwykły człowiek wznieść się nie może.

Przecież odkrycia naukowego nie da się racjonalnie zrekonstruować!

W powszechnie panującej opinii odkrycie naukowe zdaje się istotnie jakościowo różnić od owych nawet najbardziej złożonych zadań stanowiących obecnie szczyt możliwości “inteligentnych” maszyn. Można sobie wyobrazić receptę czy metodę postępowania nawet w tak skomplikowanych sytuacjach jak gra w szachy lub prowadzenie promu kosmicznego. Jak jednak podać przepis na odkrycie naukowe? Skoro nie jesteśmy w stanie opisać czy zrekonstruować mechanizmów procesu odkrycia naukowego ani podać lepszych czy gorszych metod prowadzących do dokonania odkrycia, to tym bardziej nie możemy mówić o skonstruowaniu systemu komputerowego, który by odkryć dokonywał.

Teoria odkryć maszynowych

- Badacze sztucznej inteligencji zajmujący się odkrywaniem naukowym nie zgadzają się z takim stawianiem sprawy. Nie wierzą, by zdarzenia poprzedzające odkrycie naukowe miały charakter przypadkowy, a samo dokonanie odkrycia wymagało geniuszu i mogło być zrozumiane jedynie przez równie genialne umysły.
- Twierdzą, że proces odkrycia naukowego można opisać i modelować przy pomocy systemów komputerowych, przy czym istnieją lepsze i gorsze drogi prowadzące do odkrycia. Co więcej, pytanie o istnienie metody odkrycia naukowego ma charakter empiryczny i może stać się przedmiotem badań naukowych.

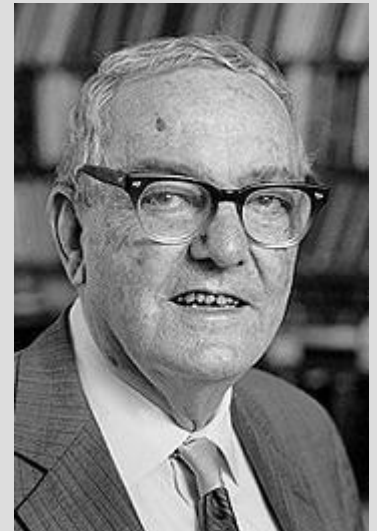
Główne programy badawcze

- Grupa Herberta Simona
- Tradycja Alana Turinga
- Program HHNT

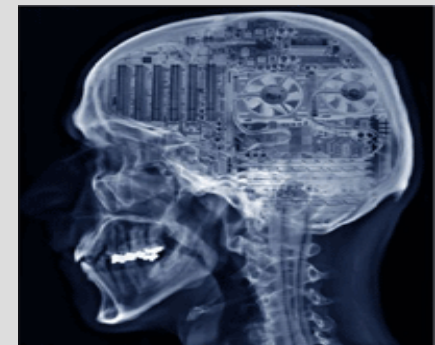
(J. Holland, K. Holyoak, R. Nisbett i P. Thagard)

Grupa Simona: psychologia kognitywna w akcji

- Mechanizmy odkrycia naukowego nie mają specyficznego, unikalnego dla tej działalności charakteru, lecz stanowią szczególny przypadek ogólnych mechanizmów rozwiązywania problemów
- Teoria rozwiązywania problemów zakłada, że na myślenie składają się elementarne procesy przetwarzania informacji zorganizowane hierarchicznie i wykonywane szeregowo. Procesy te w dużej części polegają na selektywnym przeszukiwaniu przy zastosowaniu metod heurystycznych. Naszym zadaniem jest pokazanie, w jaki sposób system odpowiadający takiej charakterystyce może zachowywać się jak naukowiec

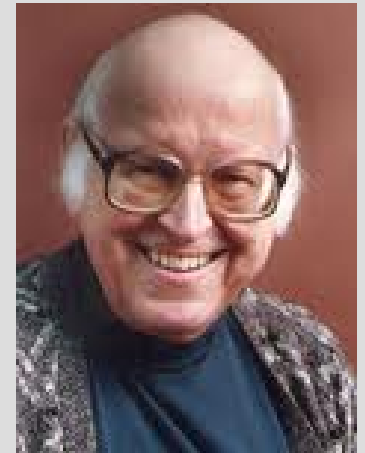


Herbert Simon
1916-2001



Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

- Mózg ludzki jest systemem przetwarzającym informacje, którego pamięć przechowuje powiązane wzajemnie struktury symboliczne i którego połączenia sensoryczne i motoryczne otrzymują zakodowane symbole z zewnątrz, poprzez narządy zmysłów, oraz wysyłają zakodowane symbole do narządów ruchu. Realizuje on procesy myślowe poprzez kopiowanie i reorganizację symboli w pamięci, otrzymywanie i wysyłanie symboli i porównywanie struktur symbolicznych pod względem identyczności i różnic.

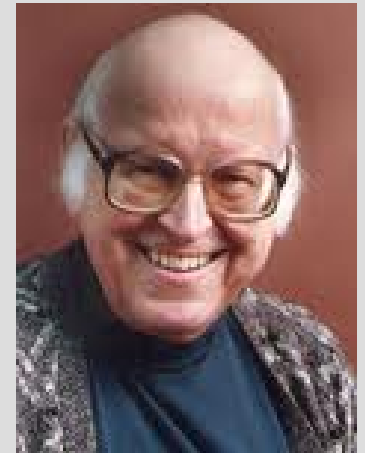


Allen Newell
1927-1992



Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

- Poszukiwanie rozwiązania nie odbywa się w sposób nieuporządkowany, metodą prób i błędów, lecz w sposób selektywny. Jest ono sterowane w kierunku sytuacji docelowej (lub wyrażen symbolicznych opisujących cel) przez reguły pomocnicze zwane heurystykami. Heurystyki, wykorzystując informację uzyskaną z definicji problemu oraz ze stanów w przestrzeni problemowej, które już zostały zbadane, wskazują bardziej obiecujące ścieżki poszukiwań

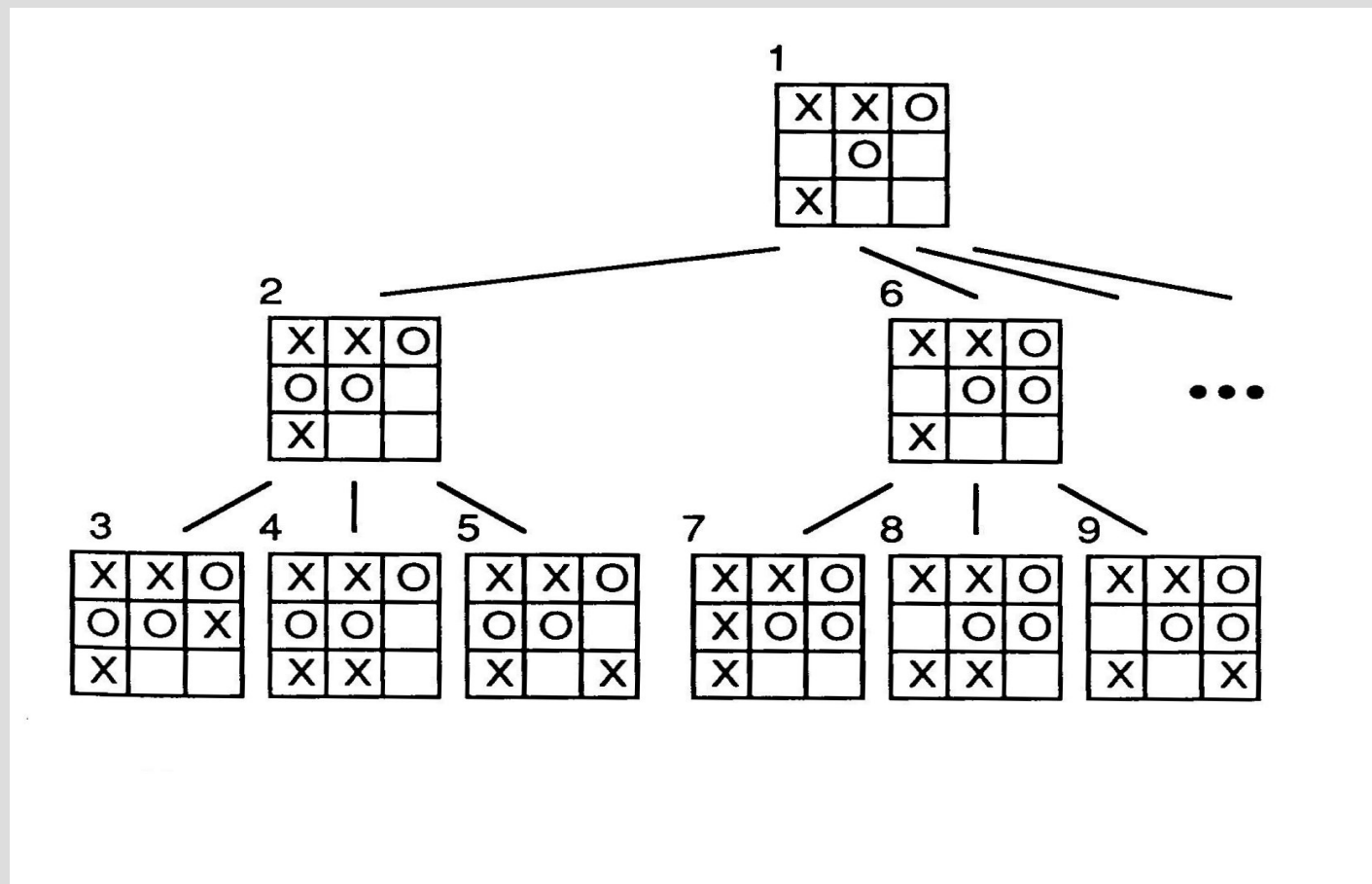


Allen Newell
1927-1992



Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

- Fragment przestrzeni problemowej dla gry w kółku i krzyżyk (tic-tac-toe)



Jan Żytkow
1944-2001



Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

Naukowcy w swej pracy wykonują bardzo różnorodne czynności badawcze: odkrywają i opisują problemy, znajdują dla nich odpowiednie reprezentacje, projektują aparaturę konieczną do przeprowadzenia doświadczeń, planują procedury i strategie eksperymentalne, planują i wykonują eksperymenty, uzyskują dane, prowadząc obserwacje, formułują prawa i teorie na podstawie danych, używając rozumowań opartych na matematyce i innych dziedzinach wiedzy, wyprowadzają konsekwencje ze swoich teorii czy tworzą teorie, których zadaniem jest głębsze wyjaśnienie praw o charakterze opisowym.



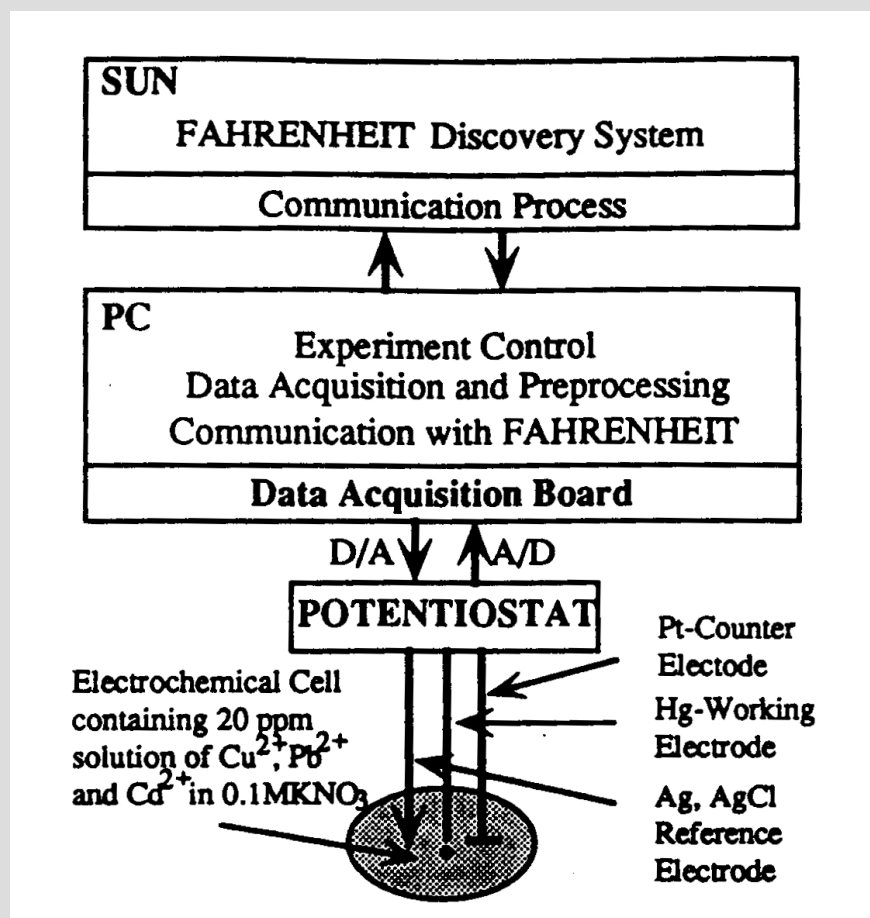
Jan Żytkow
1944-2001

Wszystkie te dziedziny działalności naukowej są formą rozwiązywania problemów (zdaniem Simona)

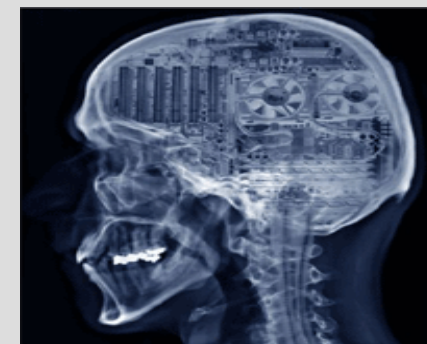


Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

Planowanie i przeprowadzanie eksperymentu
system FAHRENHEIT

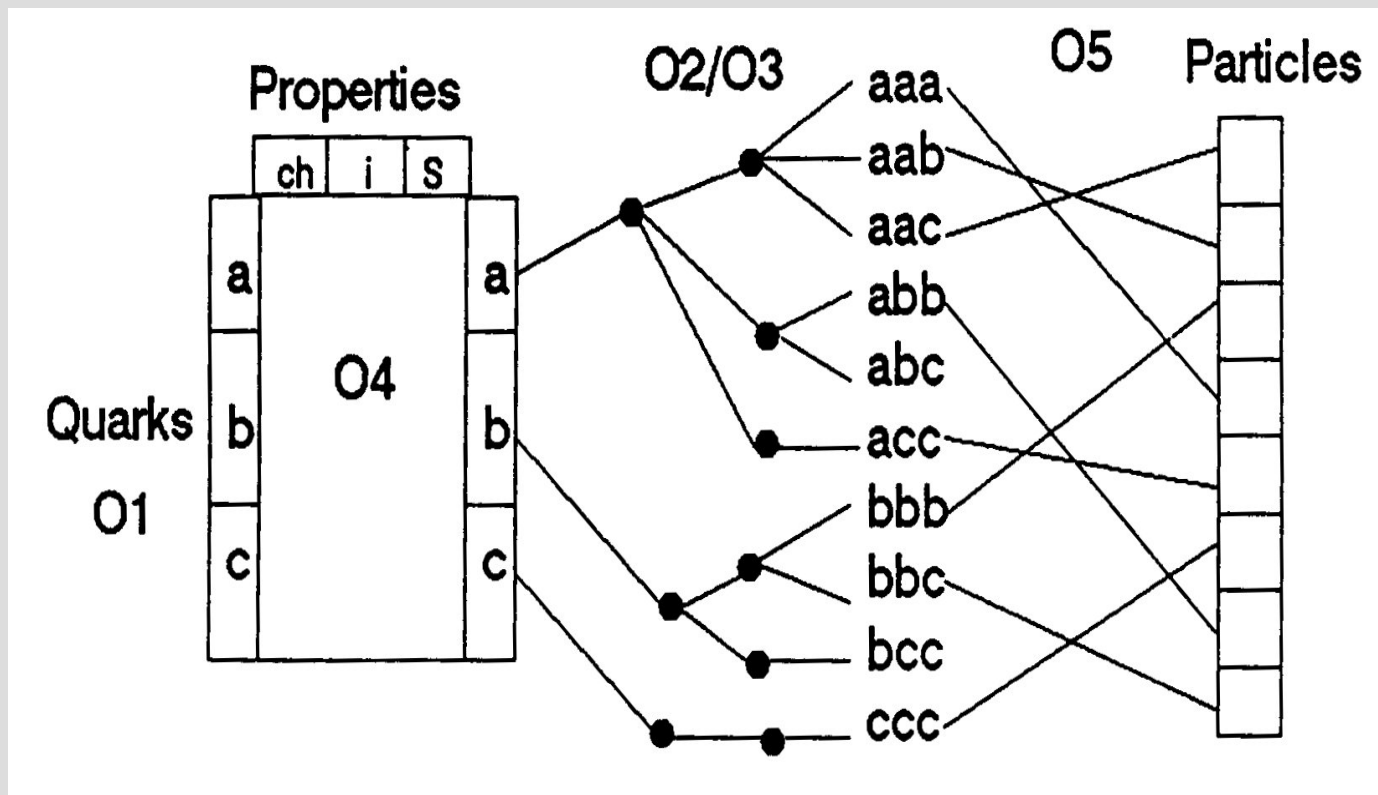


Jan Żytkow
1944-2001



Koncepcja inteligencji oparta na przetwarzaniu informacji w postaci symbolicznej (*information-processing theory of intelligence*).

Generowanie i przeszukiwanie modeli kwarkowych system GELL-MANN



Jan Żytkow
1944-2001



Systemy grupy Simona

- Formułowanie praw empirycznych na podstawie danych

BACON₁ - BACON₅

Fahrenheit

IDS

KEKADA

- Odkrywanie ukrytej struktury

STAHL

DALTON

GELL-MANN

REVOLVER

Tradycja Alana Turinga

- Systemy eksperckie i „wąskie gardło Feigenbauma”

DENDRAL

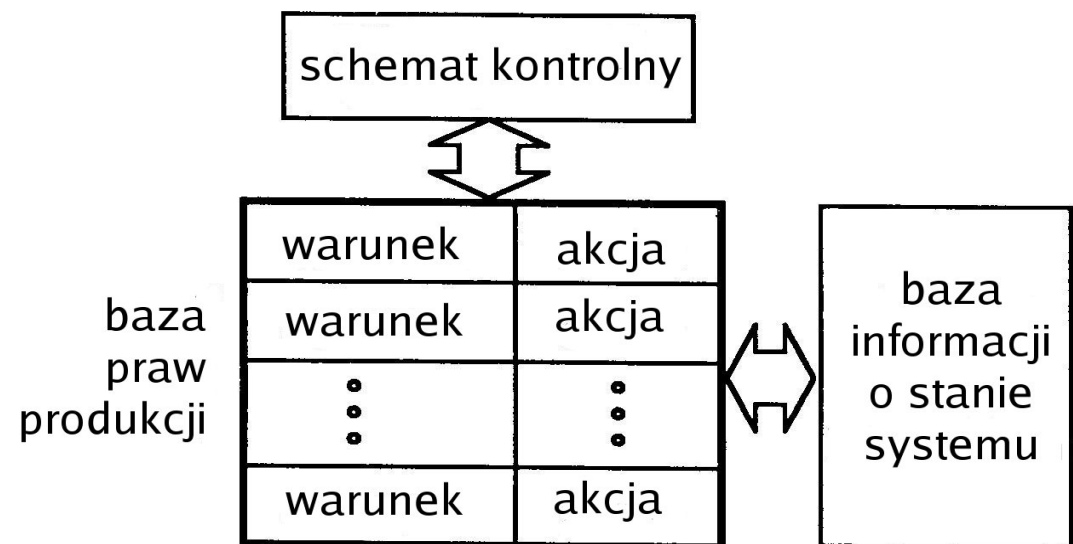
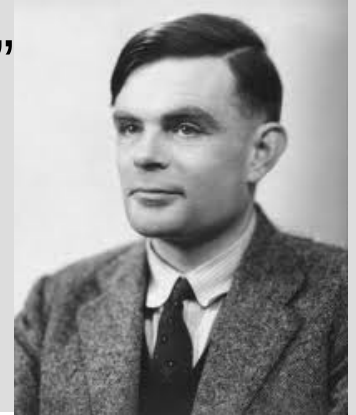
- Systemy *machine learning*

meta-DENDRAL

MYCIN

ID3

GOLEM



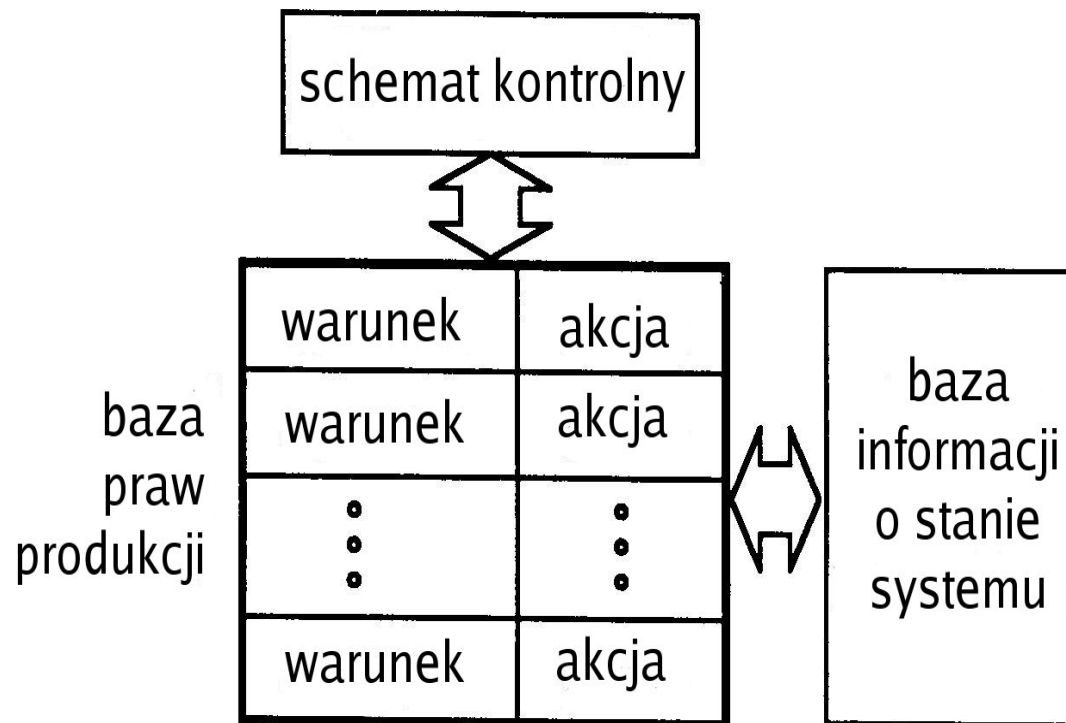
„nowe prawo nauki” odkryte przez system GOLEM

W cząsteczce białka A na pozycji B występuje rodnik tworzący helisę alfa jeżeli spełnione są następujące warunki:

1. rodnik na pozycji B-2 nie jest proliną
2. rodnik na pozycji B-1 nie jest aromatyczny ani nie jest proliną
3. rodnik na pozycji B jest duży, niearomatyczny i nie jest lizyną
4. rodnik na pozycji B+1 ma własności hydrofobowe i nie jest lizyną
5. rodnik na pozycji B+2 nie jest aromatyczny ani nie jest proliną
6. rodnik na pozycji B+3 nie jest aromatyczny ani nie jest proliną ani nie jest mały ani nie ma budowy biegunowej
7. rodnik na pozycji B+4 ma własności hydrofobowe i nie jest lizyną.

Grupa HHNT

Klasyczny System Produkcji



Działanie „modelu mentalnego” w koncepcji HHNT

- Wiedza reprezentowana jest przez prawa warunkowe o postaci warunek--akcja (condition--action rules). Działanie tych praw polega na generowaniu tzw. wiadomości dla całego systemu.
- Prawa mogą reprezentować zarówno zależności synchroniczne, związane z kategoriami obiektów, jak i diachroniczne, wyrażające przewidywania na temat zachowania się obiektów. Oba typy praw współdziałają przy rozwiązywaniu problemów.
- System posiada mechanizmy indukcyjne, dzięki którym prawa mogą się łączyć w większe struktury, tzw. klastry. Tworzą one domyślne hierarchie oraz wyposażone są w prawa mające za zadanie ``radzić" sobie z wyjątkowymi sytuacjami bez modyfikowania całej reszty domyślnej struktury.
- Prawa, których poprzedniki są spełnione przez aktywne w danej chwili wiadomości, konkurują ze sobą o reprezentowanie bieżącej sytuacji oraz wpływ na działanie systemu. Mogą one być uruchamiane równolegle do siebie i udzielać sobie nawzajem wsparcia, determinując w ten sposób zachowanie się systemu.
- Rozumowanie indukcyjne znajduje w systemie zastosowanie przy modyfikacji istniejących praw oraz generowaniu nowych. Mechanizmy generujące nowe prawa podlegają ścisłym ograniczeniom tak, aby prawa te okazały się przydatne dla systemu. Procedury indukcyjne posługują się wiedzą na temat obiektów i zdarzeń oraz sposobu, w jaki się one zmieniają.

Zatem:

- Systemy odkryć są mniej autonomiczne niż ludzcy odkrywcy, nie doskonalą one metody, a jedynie rozszerzają wiedzę o odkrywanym świecie.
- Trzeba przyznać, że konkretni uczeni też nie dokonywali swoich odkryć w próżni. Opierali się oni na wiedzy gromadzonej często całymi latami przez ich poprzedników. Wyobrażalna jest sytuacja, gdy system dokona w laboratorium odkrycia prawa, którego przy obecnym stanie wiedzy nie będziemy mogli właściwie ocenić i zinterpretować i które być może odrzucimy, jak to miało miejsce w przypadku wielu odkryć znanych z historii nauki. Bezspornie jednak najbliższe badania w tej dziedzinie muszą podążać w kierunku zwiększania autonomii systemów.
- Jeszcze trudniejszym zadaniem będzie stworzenie systemów, które mogłyby rozumować na poziomie abstrakcyjnych, fundamentalnych teorii wyjaśniających szerokie klasy zjawisk i samodzielnie takie teorie rozwijać. Droga do idealnego robota-odkrywcy jest więc jeszcze daleka, co zapewne wielu naukowców nie zmartwi.

Mocne strony systemów odkryć

- Formułowanie praw i uogólnień empirycznych na podstawie danych:
 - Prawo Ohma w uproszczonej postaci: $I = \frac{U}{R}$, jeśli system otrzymuje na wejściu dane dotyczące kilku różnych baterii i oporników, a wielkością zależną jest natężenie prądu. Napięcie i opór są własnościami wewnętrznymi postulowanymi przez system.
 - Prawo grawitacji: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, gdzie siła F jest wielkością zależną, masy m_1 i m_2 to postulowane przez system własności wewnętrzne obiektów, r ich odległość, a G to stała.
 - Prosta postać zasady zachowania pędu: $m_1 V_1 = m_2 V_2$, gdzie m_1 i m_2 są postulowanymi przez system własnościami wewnętrznymi obiektów, a V_1 i V_2 ich prędkościami.
 - Prawo załamania Snelliusa: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$, gdzie α i β to – odpowiednio – kąt padania i kąt załamania światła, a n_1 i n_2 to postulowane przez system własności dwóch ośrodków (współczynniki załamania).
 - Postać prawa Archimedesesa: $V_2 = V_1 + V$, gdzie V_2 to objętość cieczy w naczyniu po zanurzeniu ciała, V_1 objętość przed zanurzeniem, a V to postulowana przez system własność wewnętrzna ciała (jego objętość).

Słabe strony systemów odkryć

- Tworzenie ogólnych, abstrakcyjnych teorii naukowych wyjaśniających zjawiska

Teoria kwantów

Teoria względności

- Autonomiczne planowanie i przeprowadzanie serii eksperymentów mających na celu poznanie przyrody: odkrycie nowych zjawisk, pierwiastków itd. Praktyczne zastosowanie osiągniętych wyników

Może nas dużo nauczyć...



Dziękuję!