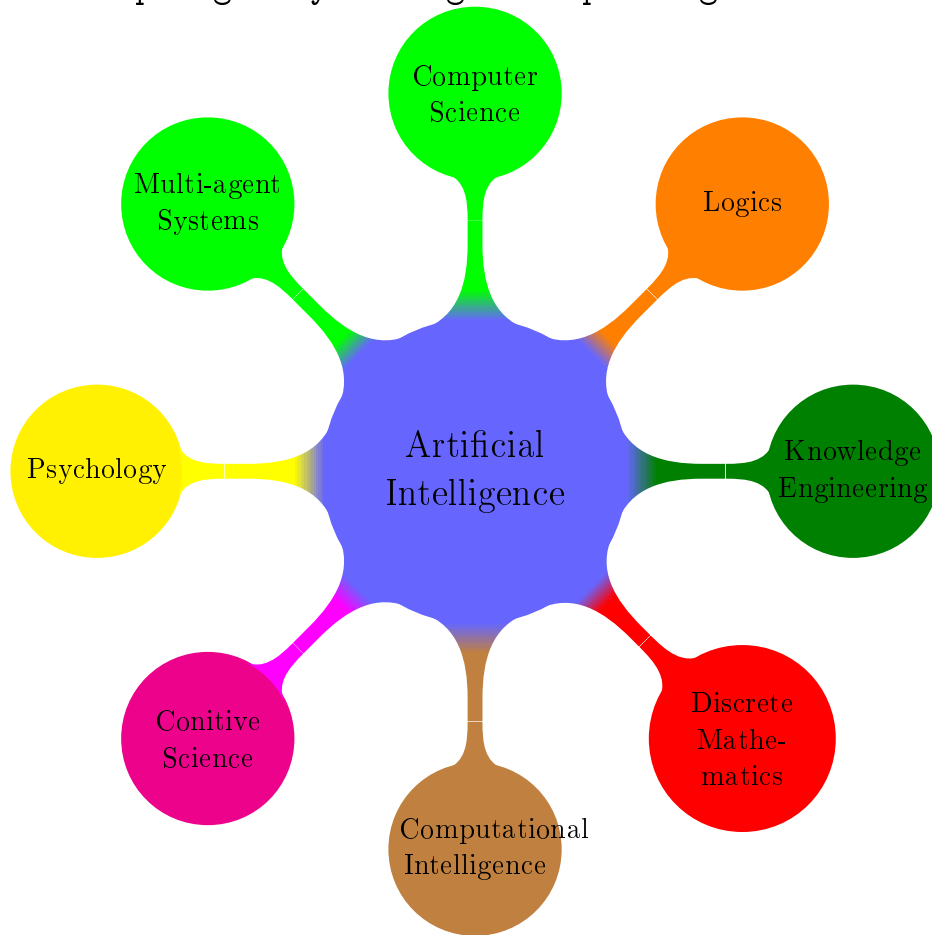


Metody Inżynierii Wiedzy

Antoni Ligęza

ligeza@agh.edu.pl

<http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~ligeza/wiki>



Kraków, 2010

Podstawowe terminy

Artificial Intelligence (AI) (Sztuczna Inteligencja (SI))

Knowledge Engineering (KE) (Inżynieria Wiedzy (IW))

Intelligent Systems (IS) (Systemy Inteligentne (SI))

Expert Systems (ES) (Systemy Ekspertowe, Systemy Ekspertowe (SE))

Knowledge-Based Systems (KBS) (Systemy z Bazą Wiedzy (SzBW))

Turing Test (Test Turinga)

Linki:

http://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna_inteligencja

http://pl.wikipedia.org/wiki/Kategoria:Sztuczna_inteligencja

http://pl.wikipedia.org/wiki/Inzynieria_wiedzy

<http://www.cyberforum.edu.pl/teksty.php3?ITEM=44>

<http://sztucznainteligencja.pl/>

<http://www.open-mind.pl/Ideas/AI.htm>

<http://www.phys.uni.torun.pl/~duch/ai-ml.html>

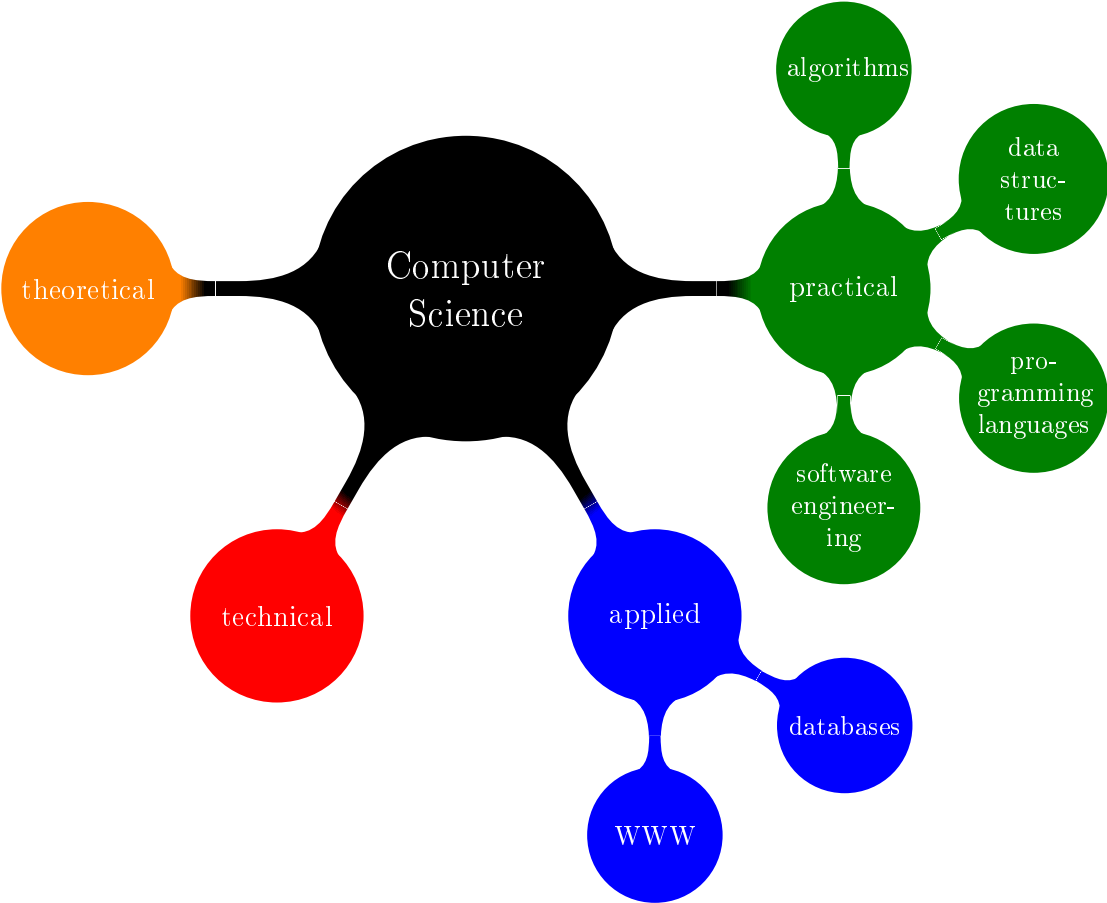
<http://www.chatbot.pl/sztuczna-inteligencja.php>

Literatura

Wykaz literatury

1. Cholewa W., Pedrycz W.: *Systemy doradcze*. Skrypt Politechniki Śląskiej, Nr. 1447, Gliwice, 1987.
2. Chromiec J. Strzemieczna E.: *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, W-wa, 1994 (jest nowsze wydanie).
3. Bolc L., Cytowski J. Metody przeszukiwania heurystycznego. Tom 1 i 2, PWN, W-wa, 1989, 1991.
4. Bolc L. , Borodziejewicz W., Wójcik M.: *Podstawy przetwarzania informacji niepewnej i niepełnej*. PWN, W-wa, 1991.
5. Bubnicki Z.: *Wstęp do systemów ekspertowych*. PWN, W-wa, 1990.
6. **Mulawka J.: *Systemy ekspertowe*. WNT, W-wa, 1996.**
7. Kasperski M.J.: *Sztuczna inteligencja*. Helion, 2003.
8. Rutkowski L.: *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
9. Ligeza A.: *Logical Foundations for Rule-Based Systems*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 2005, poz. KU 0146.
10. Ligeza A.: *Logical Foundations for Rule-Based Systems*. Springer, Studies in Computational Intelligence, Vol. 11, Berlin, Heidelberg, 2006.

Współczesna Informatyka



Inteligentne Maszyny – ?!?

Pytania

- Na czy polega myślenie, jak jest realizowane?
- Czy tylko ludzie mogą myśleć?
- Czy maszyny mogą myśleć?
- Co to jest *inteligencja*?
- Czy maszyny mogą być inteligentne?
- Czy maszyny mogą być inteligentniejsze od ludzi?
- Co różni maszyny od ludzi? Świadomość?
- ...

Pytania praktyczne

- Informacja, dane, wiedza – definicje i wzajemne relacje?
- Co to jest wiedza i jak ją mierzyć?
- Jak reprezentować i przetwarzać wiedzę?
- Co to jest inteligencja i jak ja mierzyć?
- Jak realizować inteligentne maszyny?
- Do czego stosować inteligentne maszyny?
- Wspomaganie człowieka i czy jego zastępowania?
- ...

AI i KE – stan obecny

Co potrafimy?

- Szybkie i wydajne pamięci: liczby, teksty, obrazy,...
- Szybkie, wydajne obliczenia; symulacja, sterowanie, optymalizacja.
- Dojrzałe technologie bazodanowe. Indeksowanie i wyszukiwanie informacji.
- Przetwarzanie obrazów i ograniczone rozpoznawanie.
- Synteza mowy.
- Systemy regułowe i wnioskowania w sformalizowanych systemach.
- Techniki szukania, planowanie, CLP.
- Przesył informacji, kodowanie, kompresja, sieci.

Nad czym pracujemy?

- Rozpoznawanie obrazów, analiza sceny, scenariusze, sekwencje(?)
- Rozpoznawanie mowy (?)
- Automatyczne tłumaczenie (?)
- Sieć semantyczna (?)
- Analiza tekstów, streszczenia, synteza (?)
- Inteligentne zachowanie, agenci (?)

- Systemy dialogowe (boty)?
- Złożone systemy inteligentnego sterowania, monitorowania, diagnostyki, podejmowania decyzji, etc.

AI i KE – stan obecny

Poza zasięgiem?

- Myślenie, heurystyki, *commonsense reasoning*,...
- Zastąpienie człowieka w nawet stosunkowo prostych czynnościach manualnych (sznurowanie butów ...), rozpoznawania (rozpoznawanie znajomych ...), rozumienia tekstów (dowcipy, anegdoty ...), decyzyjnych (wejście na jezdnię, przekształcenia matematyczne wzoru ...).
- Zastosowania wymagające wielorakiej funkcjonalności, wszechstronności (automatyczny kierowca).
- Robot Soccer (inteligencja i ruch).
- Niektóre złożone gry: brydż, go.
- Synteza wiedzy naukowej.
- Odkrycia.
- Pełne rozumienie języka naturalnego.
- Dialog swobodny (test Turinga).
- Tłumaczenie tekstów literackich i poezji.
- Operacje algebraiczne na wiedzy.
- Zarządzanie wiedzą.
- Zastosowania w biznesie (kierowanie, zarządzanie, decyzje) i giełda.

Przykładowe problemy

- Klasyka: “Małpa i banan”.
- Klasyka: “Wilk, koza i kapusta”, “Misjonarze i kanibale”. Wersja trudniejsza: <http://freeweb.siol.net/danej/riverIQGame.swf>
- Klasyka: problemy kryptoarytmetyczne.
- Klasyka: 8 królowych.
- Klasyka: 15-puzzle.
- Klasyka: Kółko i krzyżyk.
- Klasyka: Kolorowanie mapy.
- Klasyka: Wieże w Hanoi.
- Kosta Rubika.
- Sudoku.
- Świat klocków (ang. Block World).
- Problem zepsutej szachownicy.
- Gry: Warcaby, szachy, go.
- Boty: Alice.

Warcaby: Chinook

State-of-the-art 19 lipca 2007 Jonathan Schaeffer:

- pełna analiza warcabów (500 trylionów pozycji; $5 \cdot 10^{20}$,
- gra sprawiedliwa (remis gwarantowany),

- możliwość rozgrywania partii przez internet
(<http://webdocs.cs.ualberta.ca/chinook/>).

Obszary zastosowań

Typowe zastosowania metod sztucznej inteligencji

- Rozpoznawanie obrazów,
- Rozpoznawanie mowy,
- Rozumienie języka naturalnego,
- Systemy generacji odpowiedzi (Q-A),
- Automatyczne wnioskowanie (dowodzenie twierdzeń),
- Rozwiązywanie problemów,
- Obliczenia symboliczne,
- Planowanie (synteza algorytmów sterowania),
- Gry,
- Systemy regulowe,
- Systemy ekspertowe,
- Systemy doradcze (K-B),
- Systemy uczące się,
- Robotyka,
- Systemy/roboty inteligentne,
- Automatyczne programowanie,
- Analiza jakościowa,
- Diagnostyka.

- Data Mining (eksploracja danych).

Przykładowe problemy

- Całkowanie symboliczne.
- Planowanie drogi.
- Nawigacja robota i omijanie przeszkód.
- Wspomaganie podejmowania decyzji.
- VLSI routing.
- Planowanie operacji.
- Synteza algorytmów sterowania.
- Optymalizacja rozkroju materiałów.
- Telskop Hubble.
- CSP, CLP.
- Analiza i synteza mowy (InteliWISE/Awatar: <http://www.signs.pl/article.php?sid=5891>) (<http://www.ivona.com/webreader.php>)
- Analiza semantyczna obrazu (rozumienie obrazu).
- Inteligentne domy.
- Konflikty wojenne: planowanie i sterowanie, decyzje (DARPA).
- Rynki walutowe.
- Giełda.
- Sterowanie firmą.
- Business Intelligence. Business Rules (Ron Ross: <http://www.brsolutions.com/>) (Ilog Rules. Oracle).

- Knowledge Management.
- Semantic Web.
- Projekt CYC <http://www.cyc.com/> <http://en.wikipedia.org/wiki/Cyc>
- Projekt LarKC <http://www.larkc.eu/> <http://wiki.larkc.eu/>

Przykład: Zagadka Einsteina

Zagadka Einsteina

Legenda mówi, że zadanie to zostało wymyślone przez Einsteina. Według niego 98 % ludzkiej populacji nie jest w stanie go rozwiązać. Prawdopodobnie nie jest to prawdą, ale zadanie jest bardzo ciekawe i oryginalne.

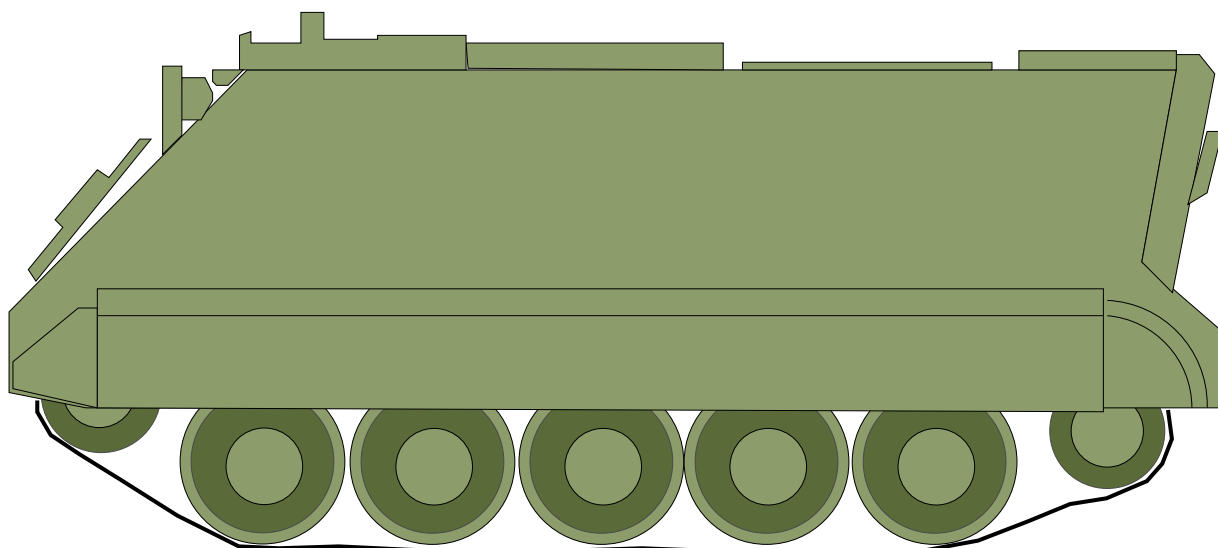
5 ludzi zamieszkuje 5 domów w 5 różnych kolorach. Wszyscy palą papierosy 5 różnych marek i piją 5 różnych napojów. Hodują zwierzęta 5 różnych gatunków

Pytanie : Kto hoduje rybki ?

- a) *Norweg zamieszkuje pierwszy dom;*
- b) *Anglik mieszka w czerwonym domu;*
- c) *Zielony dom znajduje się po lewej stronie domu białego;*
- d) *Duńczyk pija herbatkę;*
- e) *Palacz Rothmansów mieszka obok hodowcy kotów;*
- f) *Mieszkaniec żółtego domu pali Dunhille;*
- g) *Niemiec pali Marlboro;*
- h) *Mieszkaniec środkowego domu pija mleko;*
- i) *Palacz Rothmansów ma sąsiada, który pija wodę;*
- j) *Palacz Pall Malli hoduje ptaki;*
- k) *Szwed hoduje psy;*
- l) *Norweg mieszka obok niebieskiego domu;*
- m) *Hodowca koni mieszka obok żółtego domu;*
- n) *Palacz Philip Morris pija piwo;*
- o) *W zielonym domu pija się kawę.*

Zastosowania

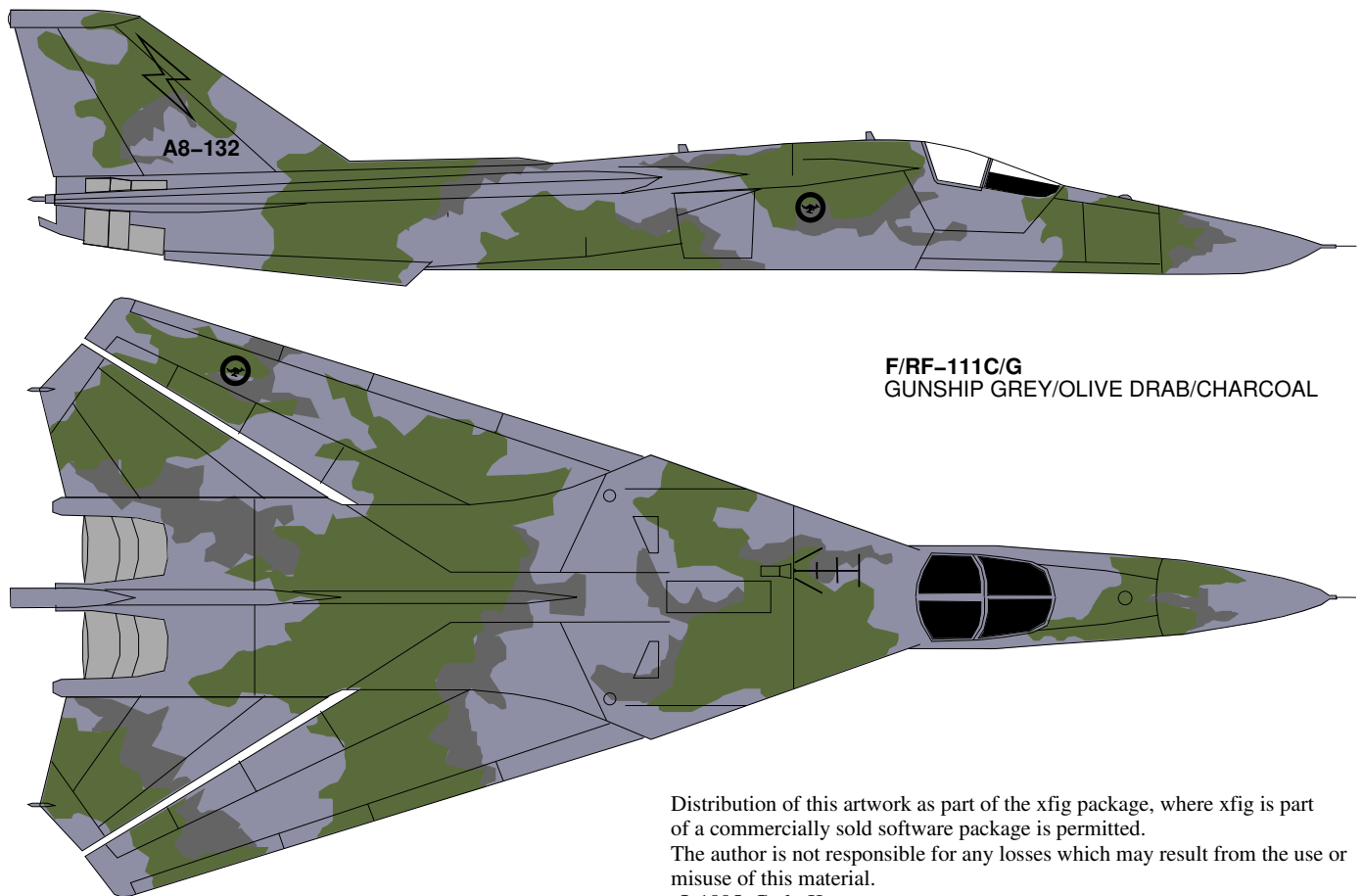
Inteligentny transporter



Distribution of this artwork as part of the xfig package, where xfig is part of a commercially sold software package is permitted. © 2001, Carlo Kopp

Zastosowania

Inteligentny samolot bezzałogowy



Zastosowania

Inteligentny lidar

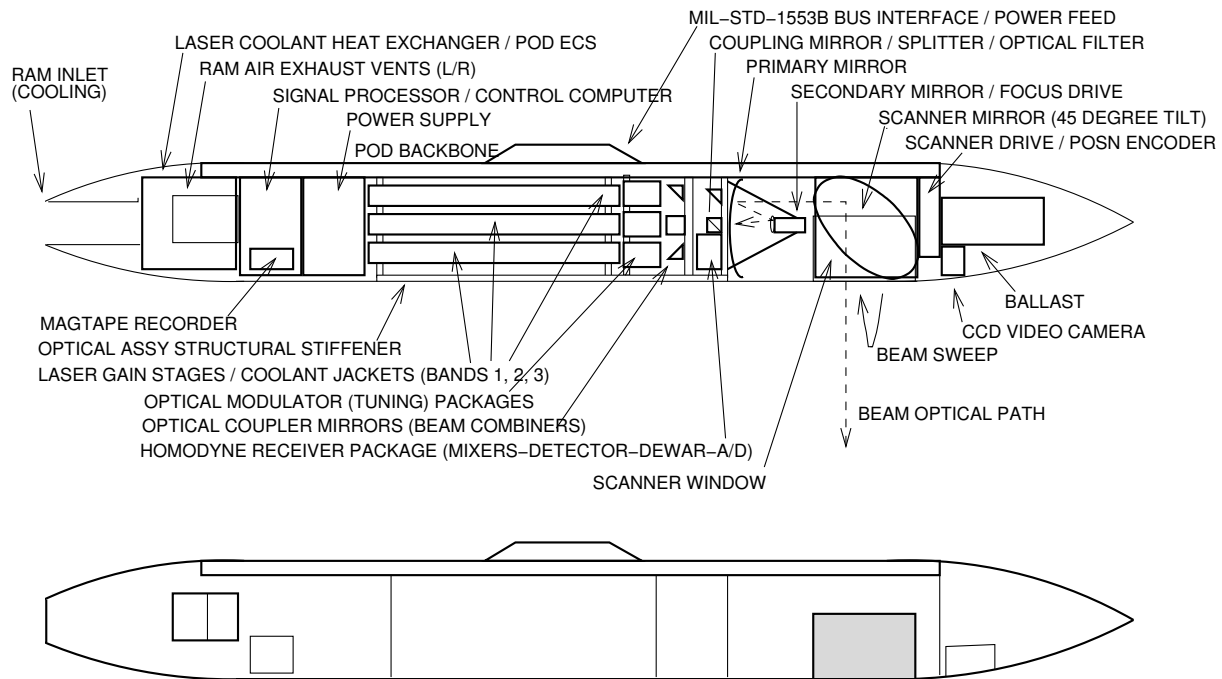


FIG.5 SIMPLIFIED LAYOUT OF A MULTIPLE BAND LIDAR POD (RECCE SENSOR)

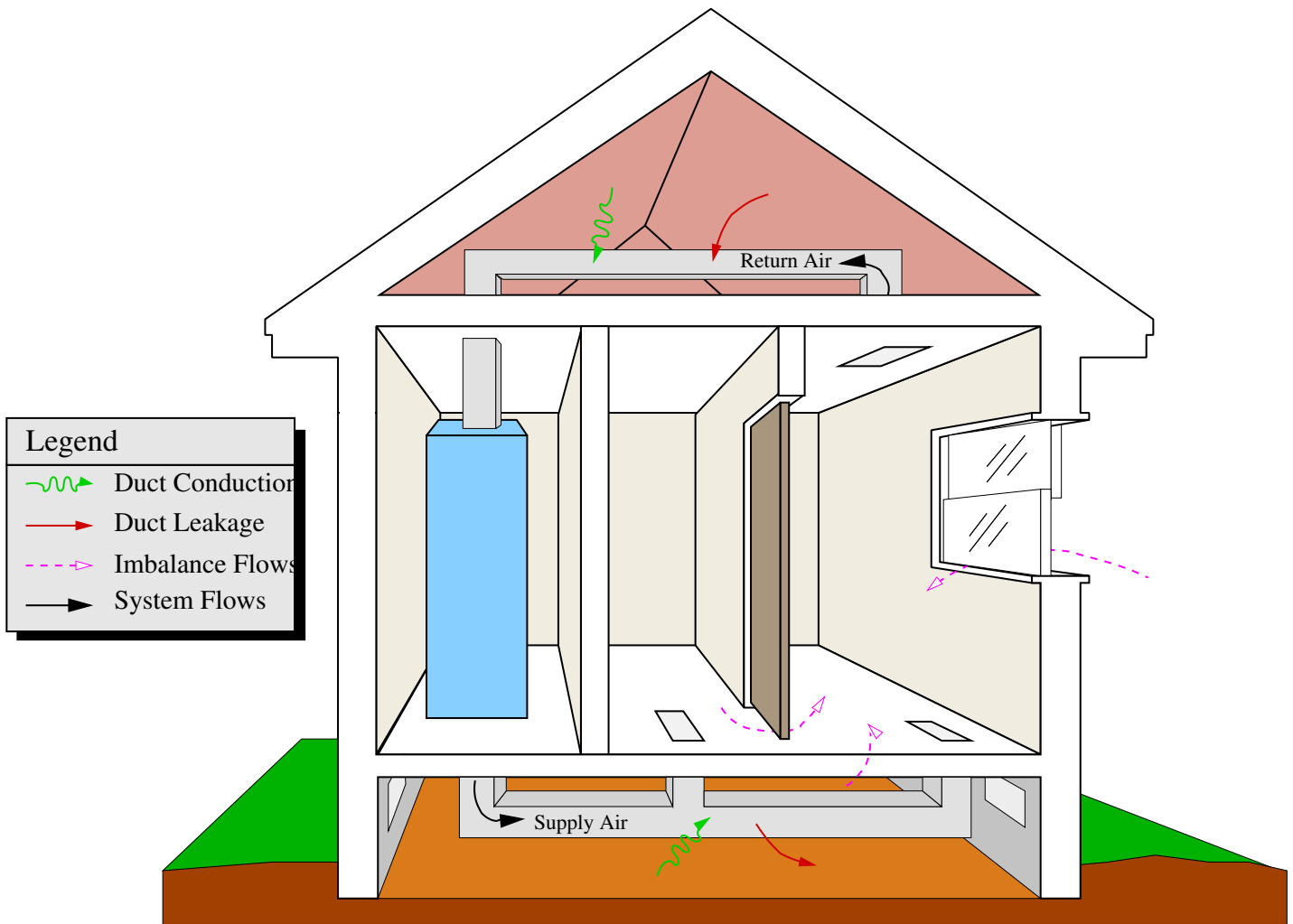
Distribution of this artwork as part of the xfig package, where xfig is part of a commercially sold software package is permitted.

The author is not responsible for any losses which may result from the use or misuse of this material.

© 1995, Carlo Kopp

Zastosowania

Inteligentny dom



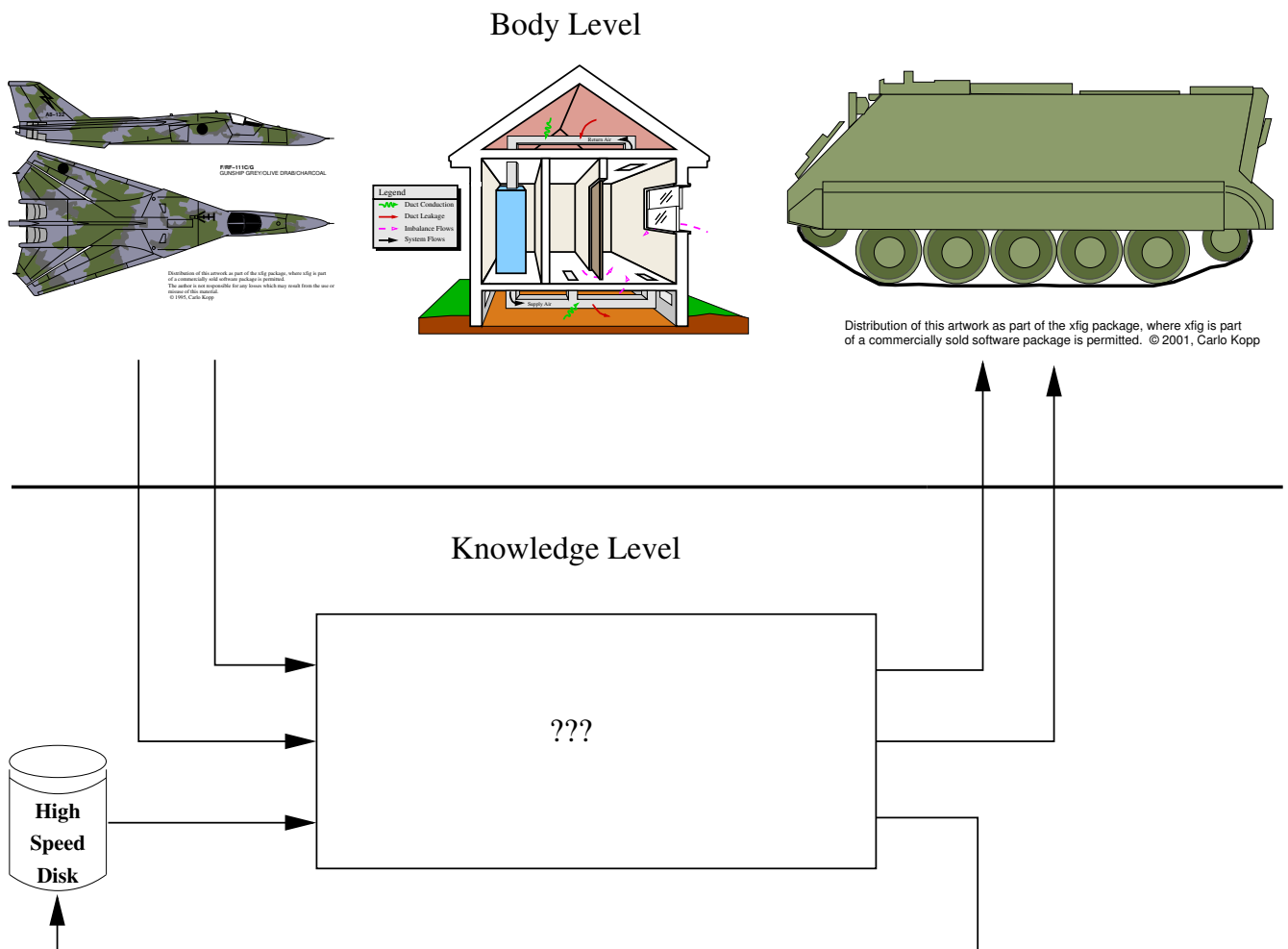
Zastosowania

Inteligentny robot kroczący



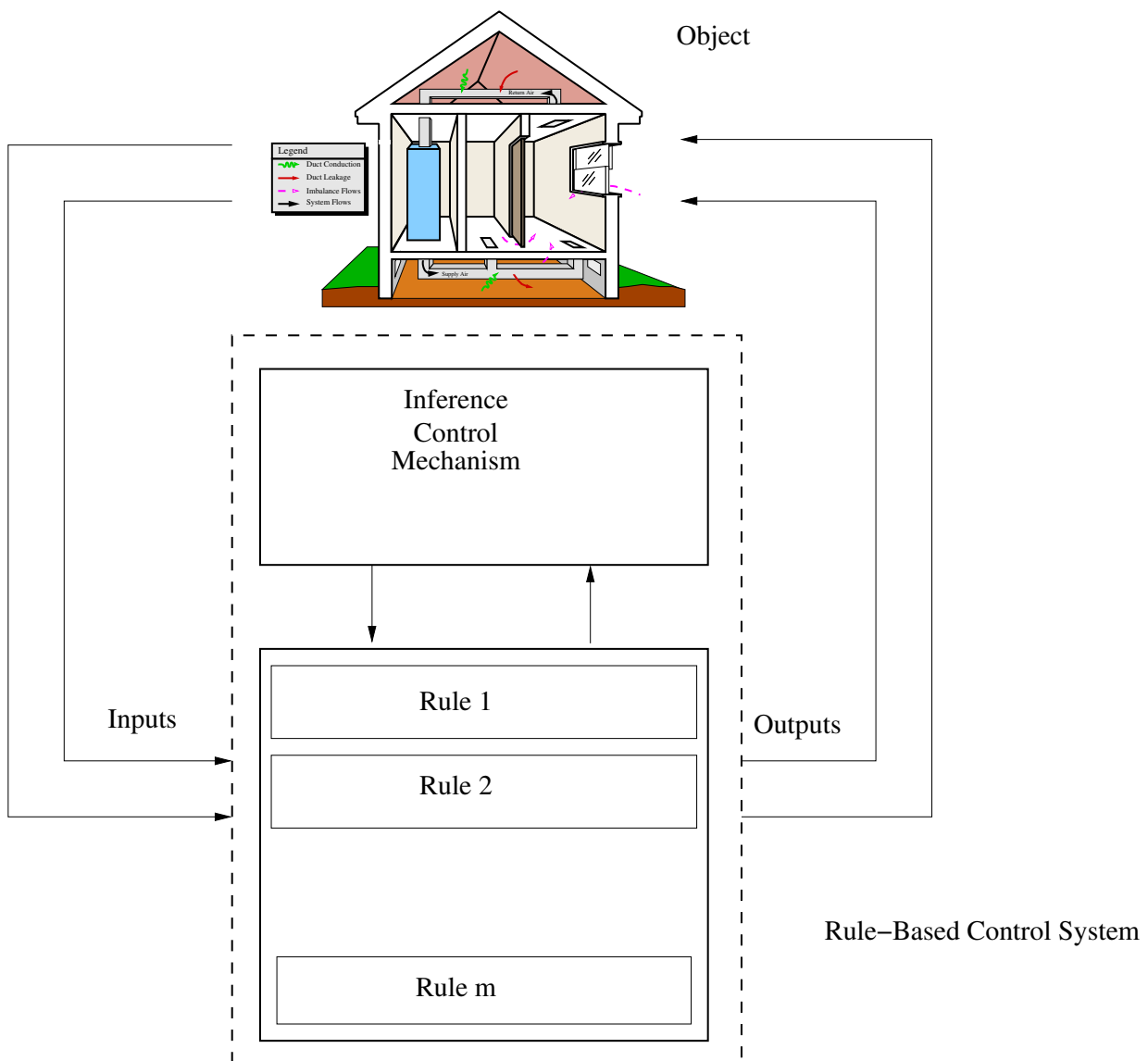
Zastosowania

Inteligentny system sterowania



Zastosowania

System regulowy jako system sterowania



Racjonalne zachowanie człowieka

Elementy racjonalnego postępowania

Podstawowy schemat:

PROBLEM – — — > SOLUTION

1. Obserwacja i analiza otoczenia.
2. Detekcja problemu.
3. Wyznaczenie celu.
4. Określenie kryterium jakości (kryteria sukcesu).
5. Określenie ograniczeń (wykluczenia).
6. Konstrukcja modelu:
 - input,
 - output,
 - transformacja input-output,
7. Konstrukcja rozwiązania.
8. Uwarunkowania dodatkowe:
 - człowiek,
 - środowisko,
 - inne systemy,
9. Analiza, weryfikacja, walidacja, optymalizacja i wdrożenie rozwiązania.
10. Ewentualnie: zapamiętanie lekcji, powtórzenie cyklu, uogólnienia.

Metody Inżynierii Wiedzy

Racjonalne podejście do rozwiązywania problemów w AI/KE

Charakterystyczne elementy:

- Klasyfikacja problemów: dla określonej klasy problemów – określone metody.
- Dobór metody reprezentacji wiedzy dla danego problemu (klasy problemów).
- Transformacja do problemów obliczeniowych i wykorzystanie metod obliczeniowych (numerycznych, analitycznych).
- Wykorzystanie metod inteligencji obliczeniowej (ang. *Computational Intelligence*).
- Upraszczenie, dekompozycja i redukcja (do podproblemów).
- Zastosowanie metod szukania automatycznego.
- Wykorzystanie heurystyk.
- Wykorzystanie metod uczenia się.

Inteligencja

Definicja encyklopedyczna

Definicja 1 Inteligencja – zespół zdolności umysłowych umożliwiających jednostce sprawne korzystanie z nabytej wiedzy oraz skuteczne zachowanie się wobec nowych zadań i sytuacji.

Definicja 2 Wiedza – zasób wiadomości z jakiejś dziedziny; gałąź nauki.

- inteligencja i wiedza,
- inteligencja a wiedza,
- korzystanie z wiedzy – wnioskowanie, rozumowanie, zastosowanie wiedzy do rozwiązywania problemów,
- inteligencja jako zdolność rozwiązywania problemów,
- inteligencja – element nowej sytuacji, zadania.

Definicja 3 Inteligencja – operator I określony na wiedzy W ;

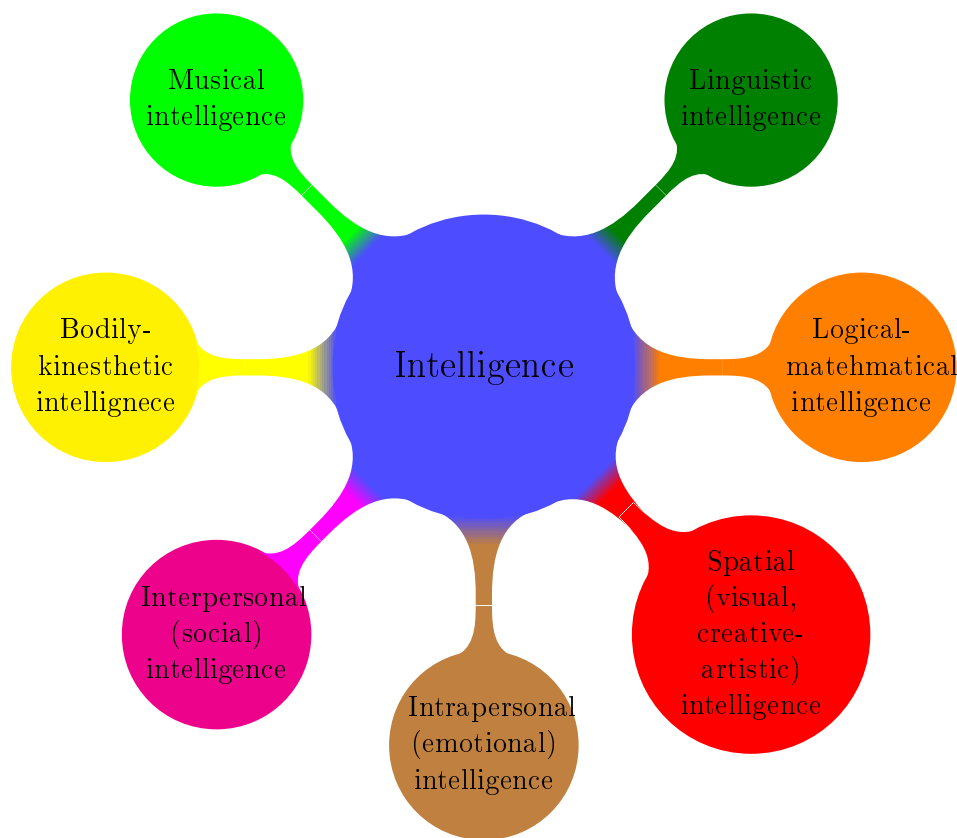
$$I(W) = W'.$$

Miarą inteligencji jest relacja W' do W .

Definicja 4 Sztuczna inteligencja – technologia myślenia maszyn.

Współczesna Koncepcja Inteligencji

[Gardner, 1993]¹



¹Gardner, H.: *Frames of Mind. Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books, 1993.

Definicje z obszaru AI

Typowe definicje AI

1. Nauka mająca za zadanie nauczyć maszyny zachowania podobnego do ludzkiego.
2. Zastosowanie komputerów do rozwiązywania problemów, które były uznawane za wyłączną domenę człowieka (np. gry, rozwiązywanie problemów, dowodzenie, ...).
3. Dziedzina badań nad wyjaśnieniem i naśladowaniem inteligentnego zachowania w kategoriach procesów obliczeniowych.
4. Nauka o (symbolicznym) przetwarzaniu wiedzy umożliwiającym percepcję i rozumienie, analizę, wnioskowanie, podejmowanie decyzji i działanie.
5. Zastosowanie komputerów do:
 - rozpoznawania obrazów,
 - dowodzenia twierdzeń,
 - rozwiązywania problemów,
 - gier,
 - podejmowania decyzji,
 - ...

Nowoczesna definicja AI

Definicja AI: Russel and Norwig

1. Kryterium myślenia.
 2. Kryterium zachowania.
-
1. Kryterium porównania do ludzi.
 2. Kryterium racjonalności.
 - 1-1: Systemy myślące jak ludzie.
 - 1-2: Systemy myślące racjonalnie.
 - 2-1: Systemy zachowujące się jak ludzie.
 - 2-2: Systemy zachowujące się racjonalnie.

Inżynieria Wiedzy

Praktyczny wymiar AI

Inżynieria wiedzy: praktyczna realizacja idei AI w zastosowaniach inżynierskich.

Inżynieria Wiedzy: Zadania

- reprezentacja wiedzy,
- akwizycja wiedzy,
- przechowywanie wiedzy,
- udostępnianie wiedzy,
- wnioskowanie, zastosowanie, interpretacja wiedzy,
- objaśnianie wnioskowania,
- analiza wiedzy, weryfikacja, walidacja,
- optymalizacja wiedzy,
- modyfikacja i adaptacja; uczenie.
- projektowanie i eksploatacja systemów z bazą wiedzy.
- zarządzanie wiedzą.

Problemy Inżynierii Wiedzy

Problemy do rozwiązania

1. Reprezentacja wiedzy (fakty, hipotezy, reguły, stany, własności, relacje, transformacje, heurystyki, niepewność, niepełność, ...).
2. Mechanizm wnioskowania: zasady przetwarzania wiedzy.
3. Sterowanie wnioskowaniem.
4. Akwizycja wiedzy (wąskie gardło!).
5. Interfejs użytkownika, objaśnienia.
6. Testowanie, weryfikacja, własności.
7. Modyfikacja, adaptacja, uczenie.
8. Projektowanie.
9. Wdrażanie; interakcja z otoczeniem.

Metody reprezentacji wiedzy

Stosowane metody reprezentacji wiedzy

- Numeryczne (liczby, wektory, macierze, funkcje).
- Jakościowe (przedziały, $\{-, 0, +\}$, symboliczne).
- Algebraiczne (relacje, grafy, tabele).
- Bazujące na **logice** (fakty, reguły, formuły).
- Wykorzystujące grafy (sieci semantyczne).
- Oparte na reprezentacji strukturalnej (szablony semantyczne, ramy).
- Metody graficzno-strukturalne (XTT).

Mechanizmy wnioskowania

Przetwarzanie wiedzy

- Wnioskowanie przez uogólnianie (generalizacja),
- Wnioskowanie przez uszczegółowianie (specjalizacja),
- Algorytmy dopasowania wzorca,
- Wnioskowanie logiczne - dedukcja (modus ponens, reguła rezolucji),
- Systemy regułowe (wnioskowanie wprzód i wstecz),
- Wnioskowanie logiczne - abdukcja,
- Wnioskowanie logiczne - indukcja,
- Transformacje grafów,
- Specjalizowane procedury obliczeniowe, wnioskowanie i uczenie parametryczne (NN),
- Wnioskowanie przez analogię (ang. case-based reasoning),
- Uczenie indukcyjne (uogólnianie),
- Wnioskowanie niemonotoniczne,
- Wnioskowanie w warunkach niepewności,
- Wnioskowanie przybliżone i rozmyte,
- Algorytmy szukania.
- Redukcja, redukcja do podproblemów.

Sterowanie wnioskowaniem

Metody sterowania wnioskowaniem

- Wybór przestrzeni poszukiwań,
- Szukanie systematyczne (włąb, wszerz),
- Szukanie z ograniczeniami,
- Szukanie heurystyczne,
- Szukanie optymalne,
- Redukcja do podproblemów,
- Strategie minimaksowe (gry),
- Eliminacja wariantów wnioskowanie.

Klasyfikacja problemów

Typy problemów do rozwiązania

- problemy monitorowania i podejmowania decyzji – dedukcja, systemy reaktywne, systemy regułowe, rozpoznawanie wzorców
- problemy odwrotne – diagnostyczne – abdukcja, consistency-based reasoning,
- problemy wymagające generalizacji – indukcja,
- DEDUCT – problemy automatycznego dowodzenia twierdzeń, dedukcja,
- CSP, CLP, Constraint: poszukiwanie rozwiązania przy ograniczeniach,
- OPT, poszukiwanie rozwiązania optymalnego przy ograniczeniach,
- SEARCH, szukanie w modelach grafowych,
- PLAN – generacja planów, algorytmów sterowania,
- REDUCT – problemy redukowalne do podproblemów,
- GAME – problemy o charakterze gier,
- CI - problemy inteligencji obliczeniowej.

Inteligentne Maszyny – tymczasowe konkluzje

Pytania ...

- Na czy polega myślenie, jak jest realizowane?
- Czy tylko ludzie mogą myśleć?
- Czy maszyny mogą myśleć?
- Co to jest *inteligencja*?
- Czy maszyny mogą być inteligentne?
- Czy maszyny mogą być inteligentniejsze od ludzi?
- Co różni maszyny od ludzi? Świadomość?

... i odpowiedzi

- W przypadku komputerów myślenie jest symulowane jako dyskretny proces obliczeniowy (numeryczny, symboliczny). Wymagany jest algorytm. Ograniczenia architektury (von Neumanna).
- Maszynowo można symulować różne rodzaje myślenia (rozumowania).
- W ograniczonym sensie – tak. Zalety: szybkość, nieomylność, powtarzalność.
- Inteligencja – zdolność rozwiązywania problemów.
- W ograniczonym, ale użytecznym sensie – tak.
- Wyposażone w odpowiedni algorytm maszyny mogą przewyższać człowieka w rozwiązywaniu określonych klas problemów.

- Prawie wszystko. I m. in. dlatego AI może być użyteczna. Jako wspomaganie.

Inteligentne Maszyny – tymczasowe konkluzje

Trudne aspekty inteligencji

- świadomość,
- wolna wola,
- ciekawość,
- nieracjonalność,
- omylność,
- kreatywność,
- elastyczność,
- intuicja,
- (h)eureka,
- *déjà-vu*,
- szósty zmysł.

Inteligentne Maszyny – tymczasowe konkluzje

Pytania praktyczne ...

- Informacja, dane, wiedza – definicje i wzajemne relacje?
- Co to jest wiedza i jak ją mierzyć?
- Jak reprezentować i przetwarzać wiedzę?
- Co to jest inteligencja i jak ją mierzyć?
- Jak realizować inteligentne maszyny?
- Do czego stosować inteligentne maszyny?
- Wspomaganie człowieka i czy jego zastępowania?
- ...

... i odpowiedzi

- Informacja – teoria informacji. Dane – bazy danych. Wiedza – systemy z bazą wiedzy.
- Wiedza – zawartość bazy wiedzy. Możliwość porównywania baz wiedzy i rozwiązywania zadań.
- Stosując sformalizowane metody reprezentacji i przetwarzania wiedzy.
- Pomiar inteligencji – przez ocenę zdolności rozwiązywania problemów.
- Rozwiązać 7 problemów AI/KE.
- Do rozwiązywania problemów sformalizowanych; tam gdzie istotna jest szybkość, niezawodność, p[powtarzalność, zupełność, powielanie agenta, niskie koszty.

- Wspomaganie – możliwe w przypadku wszystkich problemów; zastępowanie – tylko w dobrze sformalizowanych sytuacjach decyzyjnych, przy znanym algorytmie.