Sztuczna Inteligencja

Soma Dutta

Wydział Matematyki i Informatyki, UWM w Olsztynie
soma.dutta@matman.uwm.edu.pl

Wykład - 7: Rachunek zdań

Semestr letni 2022

Agent do rozwiązywania problemów a agent logiczny

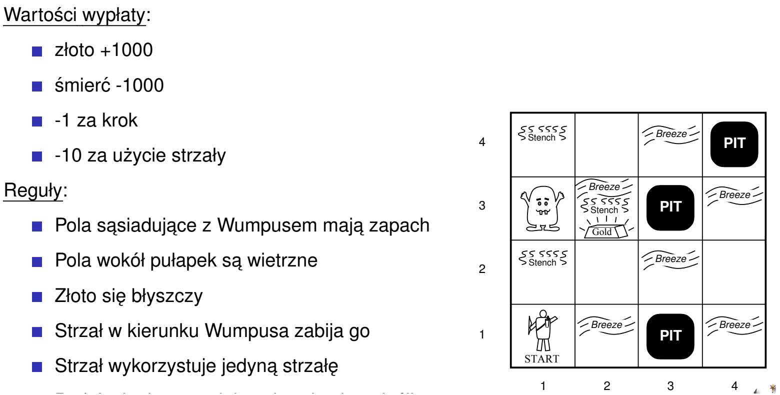
- W poprzednim wykładzie omawialiśmy agentów konstruowanych dla rozwiązywania problemów. Teraz zwrócimy uwagę na rolę agenta logicznego.
- W agentach do rozwiązywania problemów agent dysponuje wiedzą o swoim otoczeniu w bardzo ograniczonym zakresie.
- Na przykład, w przypadku 8-puzzle, wiedza o tym co funkcja Action powinna zrealizować jest zakodowana wewnątrz specyficznego względem dziedziny kodu funkcji Result. To może być używane do przewidywania wyniku akcji, ale nie do wywnioskowania, że dwa kafelki nie mogą zajmować tej samej przrestrzeni.
- Przeciwnie, oczekuje się, że agent logiczny przedstawi swoją bazę wiedzy w języku logicznym i połączy ją oraz zagreguje z informacją o aktualnym stanie środowiska, aby wywieść odpowiednie wnioski.
- Inteligencja ludzi jest osiągana - nie przez mechanizmy czysto odruchowe, ale za pomocą procesów rozumowania, które wykorzystują wewnętrzną reprezentację wiedzy.

Agent logiczny w agencie bazującym na wiedzy

Mamy dwa główne elementy:

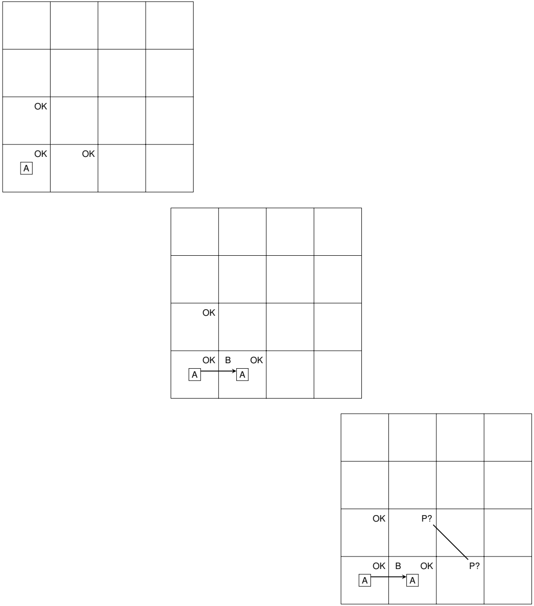
- Inference engine (Silnik wnioskowania): domain-independent algorithms (algorytmy niezależne od domeny)
- Knowledge base (Baza wiedzy): domain-specific content (zawartość specyficzna dla domeny)
  - Baza wiedzy: Zbiór faktów o świecie, zdania zapisane w języku formalnym
  - Deklaratywne podejście do budowania systemu: powiedz systemowi to co powinien wiedzieć
  - System może zapytać się co zrobić - odpowiedzi powinny wynikać bazy wiedzy
- Poziom wiedzy: to co jest wiadome, niezależnie od tego jak jest zaimplementowane
- Poziom implementacji: struktury danych w bazie wiedzy i algorytmy operowania na nich

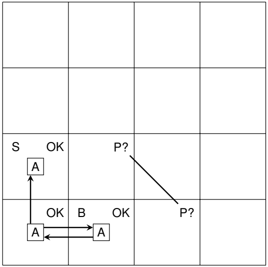
Świat Wumpusa: Opis

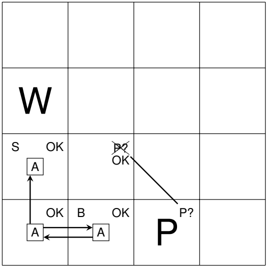


- Podniesienie powoduje zabranie złota, jeśli jest na tym samym polu
- Upuszczenie powoduje pozostawienie złota
- Obserwacje: (i) wiatr (ii) błysk (iii) zapach
- Działania: (i) skręć w prawo (ii) skręć w lewo (iii) naprzód (iv) podnieś (v) upuść (vi) strzał

Świat Wumpusa: eksploracja



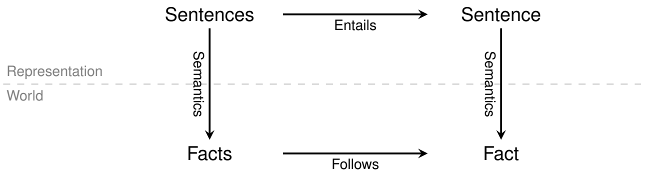

S
OK
P?
A
OK
B
OK
P?
A
A


W
S
OK
~~P?~~
OK
A
OK
B
OK
P
P?
A
A

Logika

- Logika jest formalnym językiem reprezentacji informacji, w którym mogą być wyciągane wnioski
  (1) Składnia: opisuje budowę zdań
  (2) Semantyka: opisuje związek pomiędzy zdaniami i odpowiadającymi im faktami zachodzącymi w świecie
- Na przykład: język arytmetyki:
  - $x + 2 \geq y$ jest zdaniem; $x2 + y \geq$ nie jest zdaniem.
  - $x + 2 \geq y$ jest prawdziwe $\Leftrightarrow$ $x + 2$ jest nie mniejsze niż liczba y.
  - $x + 2 \geq y$ jest nieprawdziwe w świecie, gdzie $x = 0$, $y = 5$.
- Wnioskowanie: proces wyprowadzania nowych zdań ze zdań przyjętych jako prawdziwe (tzn. reprezentujących prawdziwe fakty). Wnioskowanie ma zapewniać prawdziwość wyprowadzanych zdań.

Wnioskowanie



Model dla bazy wiedzy *KB*: każdy świat, w którym prawdziwe są wszystkie zdania z *KB*.

Wynikanie (entailment): Zdanie α wynika z bazy wiedzy *KB*, $KB \models \alpha$, jeśli α jest prawdziwe w każdym modelu dla *KB*.

Wyprowadzalność (derivability): zdanie α jest wyprowadzalne z bazy wiedzy *KB* przy użyciu procedury dowodzenia *i*, $KB \vdash_i \alpha \Leftrightarrow i$ znajduje dowód zdania α ze zdań zbioru *KB*.

Logiczna konsekwencja ($\vdash$)

Semantyczna konsekwencja ($\models$) i konsekwencje oparte na metodzie dowodowej ($\vdash_i$): Logiczna konsekwencja

Konsekwencje *KB* to stóg siana, a α to igła.
Logiczna konsekwencja = igła w stogu siana
Wnioskowanie = metoda na jej znalezienie

Poprawność: procedura dowodzenia *i* jest poprawna $\Leftrightarrow$ dla każdej bazy wiedzy *KB* i każdego zdania α, $KB \vdash_i \alpha$ pociąga $KB \models \alpha$.

Pełność: procedura dowodzenia *i* jest pełna $\Leftrightarrow$ dla każdej bazy wiedzy *KB* i każdego zdania α, $KB \models \alpha$ pociąga $KB \vdash_i \alpha$.

Cel: zdefiniować logikę, w której można wyrazić możliwie jak najwięcej i dla której istnieje poprawna i pełna procedura dowodzenia.

Tzn. ta procedura odpowie na każde pytanie, które wynika z tego, co wiadomo w bazie wiedzy *KB*.

Semantyczna konsekwencja bazuje na semantyce

Logiczna konsekwencja oznacza, że jeden fakt wynika z innego:

$$KB \models \alpha$$

α jest logiczną konsekwencją bazy wiedzy KB

$\Leftrightarrow$

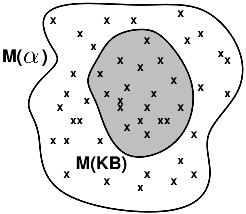
α jest prawdziwe we wszystkich światach, w których KB jest prawdziwe

Mówimy, że m jest modelem zdania α jeśli
α jest prawdziwe w m

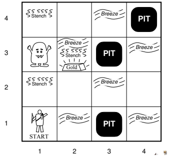
$M(\alpha)$ jest zbiorem wszystkich modeli α

Wtedy $KB \models \alpha \Leftrightarrow M(KB) \subseteq M(\alpha)$

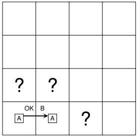
Np. KB = Giants i Reds wygrali
α = Giants wygrali



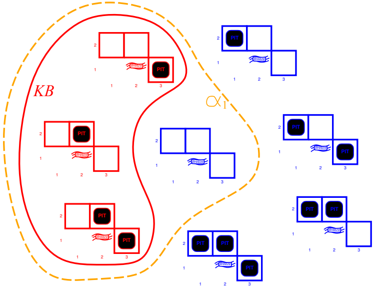
Semantyczna konsekwencja bazująca na modelu w świecie Wumpus



- Agent już jest w pole [2, 1] i może czuć bryzę.
- Agent jest zainteresowany uzyskaniem informacji o kwadratach otaczających dwa kwadrate, które zostały już odwiedzone.
- Istnieją trzy kwadraty, a każdy ma dwie możliwości w odniesieniu do tego, ‘czy jest dół’. Więc łącznie mamy osiem możliwych sytuacji do sprawdzenia.



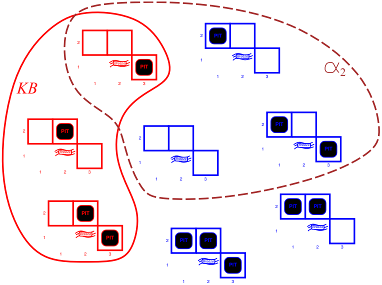
Konsekwencje poprzez sprawdzenie modelu



KB = reguły świata Wumpusa + obserwacje

- $\alpha_1 = [1, 2]$ jest bezpieczny.
- $M(KB) \subseteq M(\alpha_1)$. Więc $KB \models \alpha_1$.

Konsekwencje poprzez sprawdzenie modelu



KB = reguły świata Wumpusa + obserwacje

α_2 = "[2,2] jest bezpieczne", $KB \not\models \alpha_2$

Składnia rachunku zdań

- Składnia rachunku zdań definiuje poprawnie skonstruowane zdania.
- Zdania atomowe oznaczane są za pomocą symboli (atomowych) (np., p, q, r, ...).
- Każdy taki symbol oznacza zdanie, które może być prawdziwe albo fałszywe.
- Istnieją dwa symbole zdań o stałym znaczeniu: True (Prawda) jest zawsze zdaniem (twierdzeniem) prawdziwym, a False (fałsz) jest zawsze zdaniem (twierdzeniem) fałszywym.
- Złożone zdania są budowane z prostszych zdań, przy użyciu nawiasów i spójników logicznych.

Well-formed formulas (poprawnie skonstruowane formuły/zdania)

- Każdy symbol oznaczjący zdanie atomowe (np. $p, q, r, \ldots$, True, False)
- Negacja: Jeśli α jest formułą, to też $\neg\alpha$ (np. $\neg p$)
- Koniunkcja: Jeśli α, β są formułami, to też $\alpha \wedge \beta$ (np. $\neg p \wedge q$)
- Alternetywa: Jeśli α, β są formułami, to też $\alpha \vee \beta$ (np. $\neg p \vee q$)
- Implikacja: Jeśli α, β są formułami, to też $\alpha \Rightarrow \beta$ (np. $\neg p \Rightarrow q$)
- Równoważność: Jeśli α, β są formułami, to też $\alpha \Leftrightarrow \beta$ (np. $\neg p \Leftrightarrow q$)

Niektóre z tych logicznych spójników są prymitywne, a inne można z nich zdefiniować.
Na przykład: $\alpha \Rightarrow \beta \equiv^{def} \neg\alpha \vee \beta \quad \alpha \Leftrightarrow \beta \equiv^{def} (\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$

Logika zdaniowa: Semantyka

Każdy model określa wartość prawda/fałsz dla każdego symbolu zdaniowego

Np.	$P_{1,2}$	$P_{2,2}$	$P_{3,1}$
	true	*true*	*false*

(Dla tych symboli 8 możliwych modeli, mogą być wyliczone automatycznie.)

Reguły do określenia prawdziwości zdań względem modelu m:

$\neg S$ jest prawdziwe	$\iff$	S jest nieprawdziwe
$S_1 \wedge S_2$ jest prawdziwe	$\iff$	S_1 jest prawdziwe i S_2 jest prawdziwe
$S_1 \vee S_2$ jest prawdziwe	$\iff$	S_1 jest prawdziwe lub S_2 jest prawdziwe
$S_1 \Rightarrow S_2$ jest prawdziwe	$\iff$	S_1 jest nieprawdziwe lub S_2 jest prawdziwe
tzn. jest nieprawdziwe	$\iff$	S_1 jest prawdziwe i S_2 jest nieprawdziwe
$S_1 \Leftrightarrow S_2$ jest prawdziwe	$\iff$	$S_1 \Rightarrow S_2$ jest prawdziwe i $S_2 \Rightarrow S_1$ jest prawdziwe

Prosty rekurencyjny proces określający prawdziwość dowolnego zdania, np.

- $\neg P_{1,2} \wedge (P_{2,2} \vee P_{3,1})$ ma wartość
  false $\wedge$ (true $\vee$ false) $=$ false $\wedge$ true $=$ false.

Spójniki logiczne: klasyczny scenariusz z dwiema wartościami

Spójniki logiczne: $\wedge$ (oraz), $\vee$ (lub), $\Rightarrow$ (jeśli ... to), $\neg$ (nie)

- Niech p i q będą dwoma zdaniami.

$\wedge$	0	1
0	0	0
1	0	1

$\vee$	0	1
0	0	1
1	1	1

$\Rightarrow$	0	1
0	1	1
1	0	1

	$\neg$
0	1
1	0

- $\neg : \{0,1\} \mapsto \{0,1\}$, i dla pozostałych spójników mamy $\{0,1\} \times \{0,1\} \mapsto \{0,1\}$.

Dziękuję za uwagę