

# Systemy ekspertowe

# Notacja

- $\rightarrow$  - operator implikacji
- $,$  - operator koniunkcji
- $\vee$  - operator alternatywy
- $\Leftrightarrow$  - operator równoważności
- $\sim$  operator negacji
- Duża litera (np. A) - fakt

# Klauzula Horna

**Klauzula Horna** mówi, że dowolne zagadnienie dające się zapisać w języku logiki można wyrazić jako **reguły o jednym wniosku**, również jest to zwane **kanoniczną postacią reguł**.

Czyli:

- Jeżeli mamy kilka konkluzji w regule to regułę rozbijamy na kilka reguł o pojedynczej konkluzji
- Jeżeli określony warunek może być spełniony przez kilka zbiorów różnych przesłanek, to zamiast operatora *lub* możemy rozbić regułę na kilka reguł.

Klauzula Horna umożliwia:

- zwiększenie przejrzystości części poprzednika i następnika reguł.
- ułatwia implementację systemu ekspertowego przez uproszczenie maszyny wnioskującej

# Klauzula Horna

## przykłady

1) Reguła o dwóch konkluzjach

$$A, B \rightarrow D, C$$

można zapisać jako:

$$A, B \rightarrow D$$

$$A, B \rightarrow C$$

2) Regułę o dwóch zbiorach przesłanek

$$A, B \vee C, D \rightarrow E$$

można zapisać jako

$$A, B \rightarrow E$$

$$C, D \rightarrow E$$

# Warunki (fakty)

- Dopytywalne – warunki, o których stan pytamy się użytkownika
- Niedopytywalne – warunki (fakty) które są wynikiem konkluzji reguł.

# Zagnieżdżanie reguł

- Zagnieżdżanie reguł występuje gdy warunki reguł są wynikami konkluzji innych reguł
- Np.

$$A, B \rightarrow C$$

$$C, B \rightarrow D$$

Jest równoważne  $A, B, C \rightarrow D$

Zalety zagnieżdżania:

- Uprasza bazę wiedzy
- Tworzy fakty/prawdy pośrednie, możliwe do wykorzystania w przyszłości
- Lepiej odpowiadają struktur wiedzy dziedzinowej

# Uwagi do budowy reguł

- Nie negocjować wniosków !!!
  - każdy problem można zapisać w postaci nie zanegowanych konkluzji (ułatwia analizę i zabezpiecza przed sprzecznościami)

np.

1. pójdę\_do\_lekarza jeżeli dostanę\_gorączkę i będę\_miał\_ból\_głowy
2. ~pójde\_do\_lekarza jeżeli ~dostanę\_wysypki
3. ~pójde\_do\_lekarza jeżeli będę\_się\_dobrze\_czuł

Co równoważne jest

pójde\_do\_lekarza jeżeli dostanę\_gorączkę i  
będę\_miał\_ból\_głowy lub dostanę\_wysypki lub  
~będę\_się\_dobrze\_czuł

# Typy baz reguł

- Bazy reguł elementarne – których warunki niedopytywane nie mogą występować w postaci zanegowanej
- Bazy reguł rozwinięte – których warunki niedopytywane mogą występować w postaci zanegowanej
- Przykład

Bazy reguł elementarne:

$A, B \rightarrow C$

$C, \sim D, E \rightarrow F$

$F, B, \sim G, K \rightarrow H$

Bazy reguł rozwinięte:

$A, B \rightarrow C$

$\sim C, \sim D, E \rightarrow F$

$\sim F, B, \sim G, K, \sim C \rightarrow H$



# Po co takie typy baz reguł

- Bazy reguł elementarne – ich stosowanie ułatwia budowę maszyny wnioskującej, gdyż wnioski nie prawdziwe mogą być ignorowane. Zapisuje się jedynie prawdziwe konkluzje.
- Bazy reguł rozwinięte – wymagają zapisu wyniku każdej z reguł, niezależnie czy jej wynikiem była prawda czy fałsz. Następnie jeśli konkluzje się wykluczają pozostawiamy tylko prawdę

(przykład)

# Sprzeczności w bazach reguł

- Zewnętrzne – jeżeli te same fakty lub ich negacje występują zarówno w przesłance jak i konkluzji reguły
- Wewnętrzne – jeżeli poszczególne przesłanki reguł są sprzeczne

# Przykłady sprzeczności

## Zewnętrzne

1.  $A, B, C \rightarrow D$
2.  $H, G \rightarrow C$
3.  $\sim D, E, \sim F \rightarrow G$

## Wewnętrzne

1.  $A, B, C \rightarrow D$
2.  $H, G \rightarrow C$
3.  $\sim B, E \rightarrow G$

Stąd wstawiając 3 do 2:

$$H, \sim D, E, \sim F \rightarrow C$$

Co wstawiając do 1 daje

$$A, B, H, \sim D, E, \sim F \rightarrow D$$

Sprzeczność bo wynik zależy od samego siebie

Stąd wstawiając 3 do 2:

$$H, \sim B, E \rightarrow C$$

Co wstawiając do 1 daje

$$A, B, H, \sim B, E \rightarrow D$$

Sprzeczność bo w przesłance mamy B i  $\sim B$  stąd przesłanka zawsze = fałsz

# Nadmiarowość w bazach reguł

Nadmiarowość w bazach reguł to występowanie niepotrzebnych przesłanek, konkluzji lub całych reguł

- Reguły i warunki wyrażają to samo co inne reguły i warunki
- Reguły składają się z bardziej złożonych przesłanek niż inne reguły o tych samych wnioskach

Typy reguł nadmiarowych:

- Reguły wielokrotne – jeżeli te same reguły występują kilkakrotnie
- Reguły subsumowne – jeżeli przesłanki jednej reguły są podzbiorem przesłanek innej reguły o tych samych konkluzjach
- Reguły o niepotrzebnych warunkach – jeżeli na podstawie analiz bazy reguł możliwe jest zastąpienie reguły/reguł nową regułą o przesłankach będących podzbiorem przesłanek reguł oryginalnych

# Przykłady nadmiarowości

## Reguły wielokrotne

1.  $A, B \rightarrow C$
2.  $D, E \rightarrow A$
3.  $F, G \rightarrow B$
4.  $D, E, F, G \rightarrow C$

## Reguły subsumowne

1.  $A, B \rightarrow D$
2.  $A, B, C \rightarrow D$

## Reguły o niepotrzebnych warunkach

1.  $A, B, \sim C \rightarrow D$
2.  $A, B, C \rightarrow D$

Regułę 4 można usunąć ponieważ jest ona tożsama z 1. Usuwamy 4 bo inaczej zubożamy bazę reguł o dwa wnioski 2 i 3

Regułę 2 można usunąć gdyż zawiera się w regule 1, która jest prostsza

Reguły 1 i 2 można uprościć bo widać że nie zależą one od stanu przesłanki C, czyli  $A, B \rightarrow D$

# Baza ograniczeń

Baza ograniczeń jest bazą informacji o zależnościach/wykluczeniach warunków dopytywalnych.

Stosuje się ją aby uwzględnić fakt :

- uznania za prawdę jednego z listy wykluczających się warunków
- Uznania za nieprawdę jednego z wykluczających się warunków

Uwaga baza ograniczeń nie jest wymagana w systemie ekspertowym  
np.:

1. Wiek\_mniejszy\_od\_18
2. Wiek\_pomiędzy\_18\_35
3. Wiek\_większy\_od\_35

Wiedząc że fakt 3 jest prawdą, wiemy też, że fakt 1 i 2 są fałszywe

Uwaga: warunki dychotomiczne – warunki wykluczające się

# Sprzeczności w bazach reguł i bazach ograniczeń

- Uwaga – źródło sprzeczności może być wynikiem interakcji bazy reguł i bazy ograniczeń:

Dla reguły z bazy reguł  $A, B, C \rightarrow D$  i dla listy ograniczeń  $[A, C]$  mamy błąd ponieważ  $A$  i  $C$  wykluczają się więc poprzednik reguły zawsze = fałsz

# Nadmiarowość w bazach reguł i bazach ograniczeń

- Uwaga – źródłem nadmiarowości może być interakcja bazy reguł i bazy ograniczeń

- Przykład

dla reguł

1.  $A, B, C \rightarrow Z$

2.  $A, B, D \rightarrow Z$

I dla listy w bazie ograniczeń  $[C, D]$  reguły 1 i 2 można uprościć jako  $A, B \rightarrow Z$



# Implikacja

Implikacja regułowa  $\neq$  Implikacja logiczna

W systemach regułowych/ekspertowych  
zakładamy że:

Jeśli czegoś nie wiemy jest to fałszywe.

Nazywamy to

Założeniem zamkniętego świata

# Implikacja cd.

Implikacja logiczna

		Konkluzja	
		0	1
Przesłanka	0	1	1
	1	0	1

Implikacja regułowa

		Konkluzja	
		0	1
Przesłanka	0	1	0
	1	0	1