

Semantische Netwerken & Frames

- Belang laatste jaren zeer sterk toegenomen:
 - als basis voor **description logics** (DL's)
 - als basis voor de beschrijving van terminologieën in bepaalde domeinen
 - met toename van niveau van automatisering neemt ook het belang van de beschrijving van domeinen toe
- **Semantisch web:**



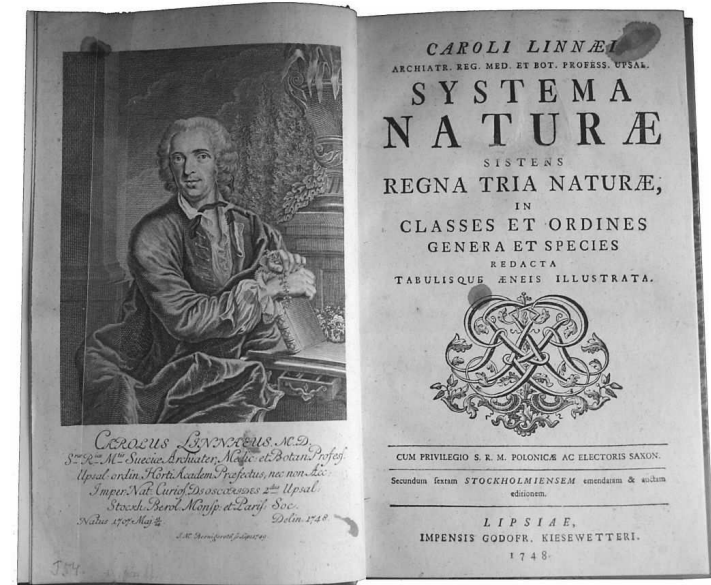
- p. 1/2

Ontologieën

- Ontologie: leer van het zijn (Aristoteles, *Metaphysica*)
- In de AI, artefact dat:
 - gebruik maakt van een vocabulaire,
 - samen met een verzameling regels over syntax en betekenis,
 - met als doel: **computer-begrijpelijke** beschrijving van domeinen
- Typische bouwstenen:
 - **namen** (concepten)
 - **relaties** en **constraints**
- Populair: in medisch-biologisch onderzoek (bijv. <http://bioontology.org/>)

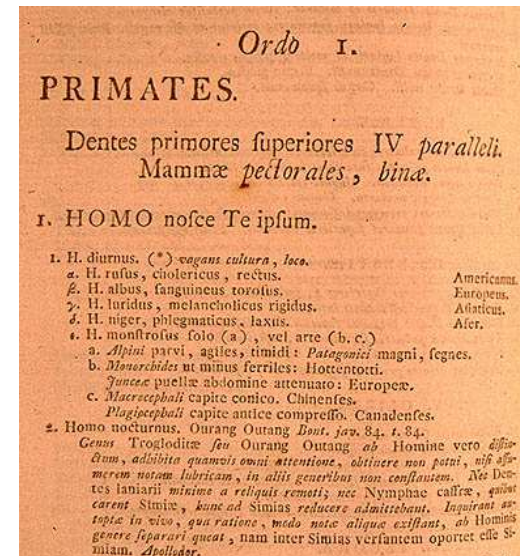
- p. 3/2

Geen revolutie ...



- p. 2/2

Linnaeus



- p. 4/2

Ontwikkeling

- Kennisrepresentatie, niet-monotoon redeneren
- Semantisch web:
 - Resource Description Framework (RDF)
 - **RDF Schema**: toevoeging van noties zoals klasse, property, type, etc., maar geen standaardsemantiek en geen redeneerondersteuning
 - **OWL DL** (Web Ontology Language/Description Logic): standaardsemantiek (modeltheorie) en redeneerondersteuning
<http://www.w3.org/TR/owl-features>
- Basis: semantische netwerken en frame-formalisme

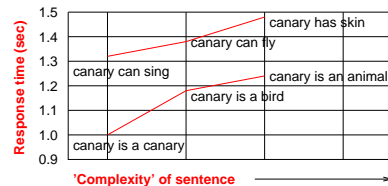
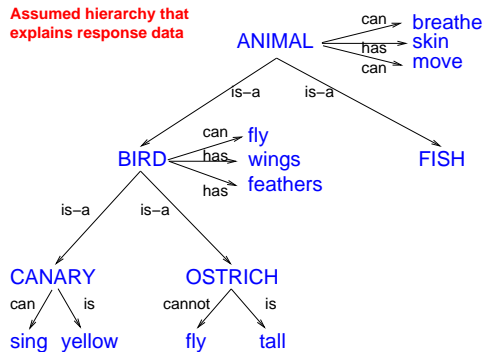
Representatie van relaties

1. **Semantische netwerken**:
 - syntactisch: knopen en relaties tussen knopen
 - weergegeven als graaf
 - semantiek van knopen en relaties
2. **Frames**:
 - (binaire) relaties weergegeven als attributen
 - overerving
 - subtypering
 - vorm van objectoriëntatie

Semantisch netwerk

The relationship between human recall time and hierarchical storage. Note that recall times increase as the subject must 'move up' in the hierarchy to locate values.

Assumed hierarchy that explains response data



Frame-formalisme

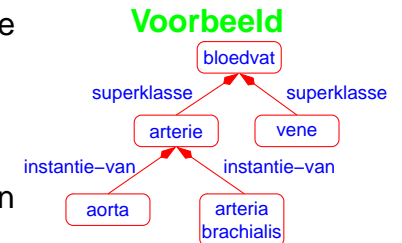
Groeper alle kennis m.b.t. bepaald concept

Voorbeeld

“Een arterie is een bloedvat. Een arterie vervoert bloed van het hart naar de weefsels en wordt gekenmerkt door een dikke wand met relatief veel spierweefsel”

Frame-taxonomie: hiërarchische organisatie

- **Knopen**: klasse-frames en instanties
- **Pijlen**: superklasse en instantie-van relaties



Syntax framerepresentatie

```

class bloedvat is
  superclass nil;
  structuur = buis;
  bevat = bloed
end

class arterie is
  superclass bloedvat;
  wand = gespierd
end

instance aorta is
  instance-of arterie;
  diameter = 2.5
end
  
```

Betekenis van frameformalisme

Semantiek frameformalisme **gelijkstellen** aan equivalente logische formules:

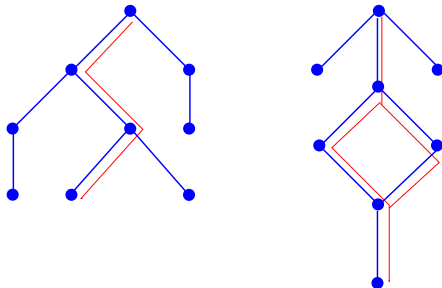
class C is	$\forall x(C(x) \rightarrow S(x))$
superclass S ;	
$a_1 = b_1$;	$\forall x(C(x) \rightarrow a_1(x) = b_1)$
\vdots	\vdots
$a_n = b_n$	$\forall x(C(x) \rightarrow a_n(x) = b_n)$
end	
instance i is	$C(i)$
instance-of C ;	
$d_1 = e_1$;	$d_1(i) = e_1$
\vdots	\vdots
$d_m = e_m$	$d_m(i) = e_m$
end	

Inferentie: Overerving

- Basisinferentievorm: **overerving** of **inheritance**
- Frame erft attribuut-waarde paren van generalisaties

Twee vormen van overerving:

1. **Enkelvoudig**: in boomvormige taxonomie
2. **Meervoudig**: in graafvormige taxonomie



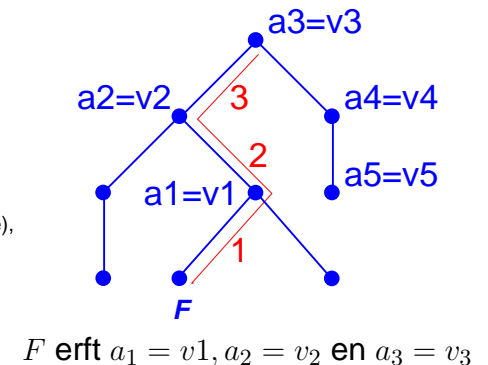
Enkelvoudige overerving

Voorwaarde: unieke attribuutnamen

Voorbeeld

```

function Inherit(frame, a-v-pairs)
  if frame = nil
  then return(a-v-pairs)
  fi;
  a-v-pairs ← a-v-pairs ∪
    AttributePart(frame);
  return(Inherit(superframe(frame),
    a-v-pairs))
end
  
```



Excepties

Geen unieke attribuutnamen \Rightarrow **excepties** (uitzonderingen) / **inconsistenties**

Voorbeeld

class arterie **is**

instance-of arterie;
superclass bloedvat;
 bloed = zuurstofrijk

end

$\forall x(\text{arterie}(x) \rightarrow \text{bloedvat}(x))$

$\forall x(\text{arterie}(x) \rightarrow \text{bloed}(x) = \text{zuurstofrijk})$

arterie(a-pulmonalis)

bloed(a-pulmonalis) = zuurstofarm

Logisch inconsistent!

Oplossing: lokaal 'overschrijven'

instance a-pulmonalis **is**

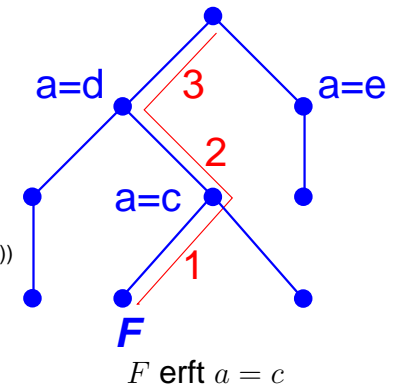
instance-of arterie;
 bloed = zuurstofarm
end

Enkelvoudige overerving met excepties

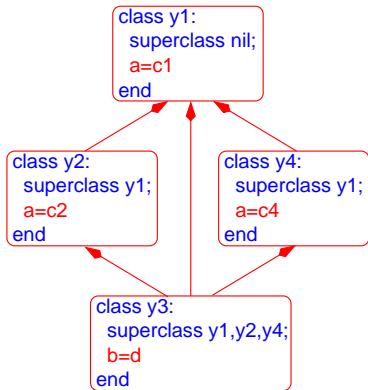
Zoek in taxonomie tot waarde gevonden is:

Voorbeeld

```
function Inherit(frame, a-v-pairs)
  if frame = nil
  then return(a-v-pairs)
  fi;
  pairs  $\leftarrow$  AttributePart(frame);
  a-v-pairs  $\leftarrow$  a-v-pairs  $\cup$ 
    NewAttributes(pairs, a-v-pairs);
  return(Inherit(superframe(frame), a-v-pairs))
end
```



Meervoudige overerving met excepties



Vragen:

1. Taxonomie **consistent**?
2. Zo ja: **geërfde waarde** attribuut a van y_3 ?

Eis oplossing (overervingsmethode): toepasbaar voor **graaf-** en **boomvormige** taxonomieën!

Wiskundige notatie

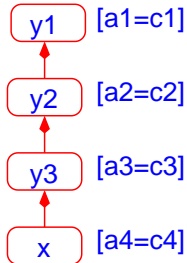
Een **taxonomie** T is een tupel $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, met $N = (I, K, A, C)$:

- $K = \{y_1, \dots, y_n\}$: **klasse-frames**
- $I = \{x_1, \dots, x_m\}$: **instanties**
- $\leq \subseteq K \times K$: **subklasse-relatie**; $(y_1, y_2) \in \leq$ wordt genoteerd als $y_1 \leq y_2$ (" y_1 is een subklasse van y_2 ")
- $\ll : I \rightarrow K$: **instantie-van** functie; $\ll(x) = y$ wordt genoteerd als $x \ll y$ (" x is een instantie van y ")
- A : verzameling **attributen**
- C : verzameling **constanten**
- $\Theta \subseteq (I \cup K) \times A \times C$: **attribuut-waarde** relatie; $(y, a, c) \in \Theta$ wordt genoteerd als $y[a = c]$.

Voorbeeld

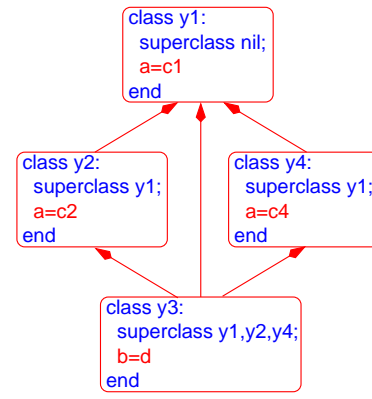
```
class y1 is
  superclass nil;
  a1 = c1
end
class y3 is
  superclass y2;
  a3 = c3
end
```

```
class y2 is
  superclass y1;
  a2 = c2
end
instance x is
  instance-of y3;
  a4 = c4
end
```



$T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, met $N = (I, K, A, C)$
 $I = \{x\}$ en $K = \{y_1, y_2, y_3\}$
 $\Theta = \{y_1[a_1 = c_1], y_2[a_2 = c_2], y_3[a_3 = c_3], x[a_4 = c_4]\}$
 $x \ll y_3, y_3 \leq y_2, y_2 \leq y_1$

Overerving in graafvormige taxonomieën



- Idee: Registreer **paden** die leiden naar frame met bepaalde attribuutwaarde
- Paden bij gebruik \leq : **overervingsketens (inheritance chains)**
- Overervingsketens toepasbaar bij **graaf- en boomvormige** taxonomieën

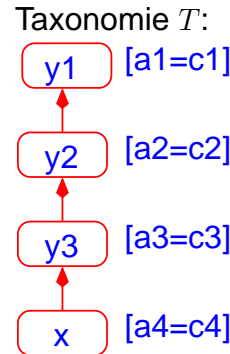
Overervingsketens

Zij $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$ een taxonomie. **Vorm** van overervingsketen ω in T : $\omega = \left\{ \begin{array}{l} y_1 \leq \dots \leq y_n, \text{ of} \\ y_1 \leq \dots \leq y_n[a = c] \end{array} \right.$,
 waarbij $y_i \in K$ en $y_n[a = c] \in \Theta$

Constructie verzameling overervingsketens Ω_T :

- $\forall y \in K : y \in \Omega_T$
- $\forall y[a = c] \in \Theta : y[a = c] \in \Omega_T$
- $\forall (y_1, y_2) \in \leq : y_1 \leq y_2 \in \Omega_T$
- $\forall y_1 \leq \dots \leq y_k \in \Omega_T$ en $\forall y_k \leq \dots \leq y_n \in \Omega_T$:
 $y_1 \leq \dots \leq y_n \in \Omega_T$
- $\forall y_1 \leq \dots \leq y_n \in \Omega_T$ en $y_n[a = c] \in \Omega_T$:
 $y_1 \leq \dots \leq y_n[a = c] \in \Omega_T$

Voorbeeld Ω_T



Taxonomie T :

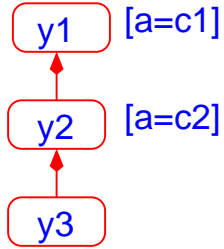
$T = (N, \Theta, \ll, \leq)$
 $N = (I, K, A, C)$
 $I = \{x\}$
 $K = \{y_1, y_2, y_3\}$
 $\Theta = \{y_1[a_1 = c_1], y_2[a_2 = c_2], y_3[a_3 = c_3], x[a_4 = c_4]\}$
 $x \ll y_3$
 $y_3 \leq y_2, y_2 \leq y_1$

Verzameling **overervingsketens** Ω_T bevat:

$y_1, y_2 \leq y_1, y_2, y_2 \leq y_1[a_1 = c_1],$
 $y_3, y_3 \leq y_2, y_1[a_1 = c_1], y_3 \leq y_2[a_2 = c_2],$
 $y_2[a_2 = c_2], y_3 \leq y_2 \leq y_1, y_3[a_3 = c_3], y_3 \leq y_2 \leq y_1[a_1 = c_1]$

Conclusieverzameling

Overervingsketen: **mogelijke** route:



1. $\omega_1 = y_3 \leq y_2 \leq y_1[a = c_1] \Rightarrow y_3[a = c_1]$

2. $\omega_2 = y_3 \leq y_2[a = c_2] \Rightarrow y_3[a = c_2]$

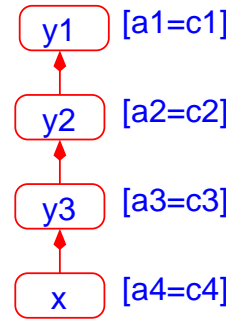
\Rightarrow Bereken **conclusie** van overervingsketen: overerving zonder excepties.

Conclusie $c(\omega)$ van overervingsketen $\omega \in \Omega_T$:

$$c(\omega) = \begin{cases} y_1[a = c] & \text{als } \omega \equiv y_1 \leq \dots \leq y_n[a = c] \\ \perp & \text{anders} \end{cases}$$

Conclusieverzameling $C(\Omega_T) = \{c(\omega) | \omega \in \Omega_T\}$

Voorbeeld $C(\Omega_T)$



Overervingsketens $\Omega_T =$

- $y_1, y_2, y_3,$
- $y_1[a_1 = c_1],$
- $y_2[a_2 = c_2],$
- $y_3[a_3 = c_3],$
- $y_2 \leq y_1,$
- $y_2 \leq y_1[a_1 = c_1],$
- $y_3 \leq y_2,$
- $y_3 \leq y_2[a_2 = c_2],$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1,$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1[a_1 = c_1]\}$

Conclusieverzameling $C(\Omega_T) = \{y_1[a_1 = c_1], y_2[a_2 = c_2], y_3[a_3 = c_3], y_2[a_1 = c_1], y_3[a_2 = c_2], y_3[a_1 = c_1]\}$

Consistentie

Conclusieverzameling $C(\Omega_T)$ heet:

- **inconsistent** als $y[a = c_1] \in C(\Omega_T)$ en $y[a = c_2] \in C(\Omega_T), c_1 \neq c_2$
- **consistent** anders

Voorbeeld

Verzameling overervingsketens Ω_T bevat o.a.:

- a-pulmonalis[bloed=zuurstofarm]
- a-pulmonalis \leq arterie[bloed=zuurstofrijk]

Conclusieverzameling $C(\Omega_T)$ bevat o.a.:

- a-pulmonalis[bloed=zuurstofarm]
- a-pulmonalis[bloed=zuurstofrijk]

$\Rightarrow C(\Omega_T)$ is **inconsistent**

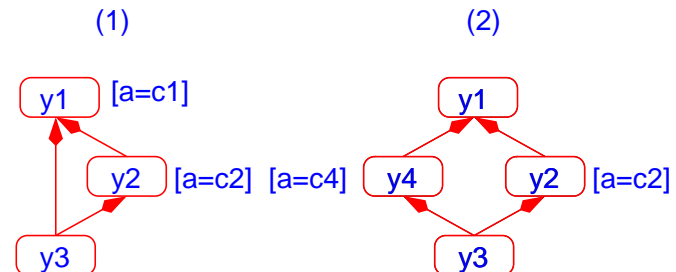
Omgaan met inconsistentie $C(\Omega_T)$

Algoritme voor **meervoudige overerving** met **excepties** moet uitsluitend opleveren:

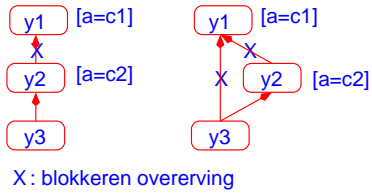
1. **oplossen** inconsistentie:

$$y_3[a = c_2], y_2[a = c_2], y_1[a = c_1]$$

2. **signaleren** inconsistentie



Tussenliggende klassen



X: blokkeren overerving

Basisidee **meervoudige overerving** met **excepties** (gebruik partiële ordening):

- klasse y_2 ligt tussen y_3 en y_1
- y_2 'blokkeert' overerving door y_3 van y_1

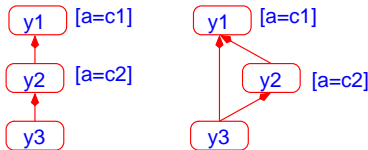
Klasse $y \in K$ heet **tussenliggend (intermediary)** in keten $y_1 \leq \dots \leq y_n \in \Omega_T$ als:

- $y = y_i$ voor zekere $i, 1 \leq i \leq n$, of
- $y_1 \leq \dots \leq y_p \leq z_1 \leq \dots \leq z_m \leq y_q \in \Omega_T$ bestaat zodat $y = z_k, 1 \leq k \leq m, 1 \leq p < q \leq n$

Uitsluiten van ketens

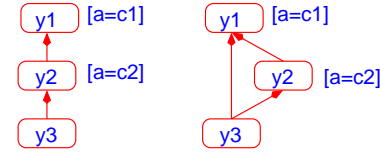
Basisidee: **uitsluiten** overervingsketens vóór berekening conclusieverzameling

Keten $y_1 \leq \dots \leq y_n[a = c_1] \in \Omega_T$ **sluit** keten $y_1 \leq \dots \leq y_m[a = c_2] \in \Omega_T$ **uit** als: (1) y_n tussenliggend in $y_1 \leq \dots \leq y_m$, en (2) $c_1 \neq c_2, m \neq n$



1. $y_3 \leq y_2[a = c_2]$ **sluit** $y_3 \leq y_2 \leq y_1[a = c_1]$ **uit** (want y_2 tussenliggend in $y_3 \leq y_2 \leq y_1$)
2. $y_3 \leq y_2[a = c_2]$ **sluit** $y_3 \leq y_1[a = c_1]$ **uit** (want y_2 tussenliggend in $y_3 \leq y_1$)

Voorbeeld



Ω_{T1} bevat o.a.

- $y_2 \leq y_1,$
- $y_2 \leq y_1[a_1 = c_1],$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1,$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1[a_1 = c_1]$

y_2 **tussenliggend** in $y_3 \leq y_2 \leq y_1$ en $y_2 \leq y_1$

Ω_{T2} bevat o.a.

- $y_2 \leq y_1,$
- $y_2 \leq y_1[a_1 = c_1],$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1,$
- $y_3 \leq y_2 \leq y_1[a_1 = c_1],$
- $y_3 \leq y_1, y_3 \leq y_1[c_1 = a_1]$

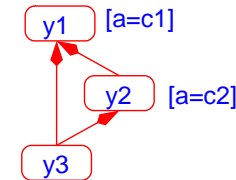
y_2 **tussenliggend** in $y_3 \leq y_2 \leq y_1$ en $y_2 \leq y_1$ en $y_3 \leq y_1$

Erfbare conclusieverzameling

Keten $\omega \in \Omega_T$ heet **erfbaar (inheritable)** als er geen $\omega' \in \Omega_T$ bestaat die ω uitsluit

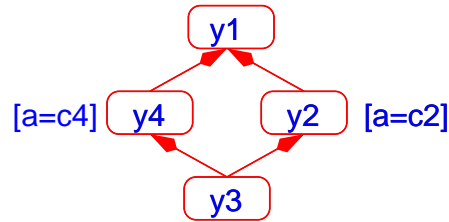
Erfbare conclusieverzameling van Ω_T is $H(\Omega_T) = \{c(\omega) | \omega \text{ niet uitgesloten door } \omega' \in \Omega_T\}$

Voorbeeld



- $C(\Omega_T) = \{y_1[a = c_1], y_2[a = c_1], y_2[a = c_2], y_3[a = c_1], y_3[a = c_2]\}$
- $H(\Omega_T) = \{y_1[a = c_1], y_2[a = c_2], y_3[a = c_2]\}$

Signaleren inconsistentie



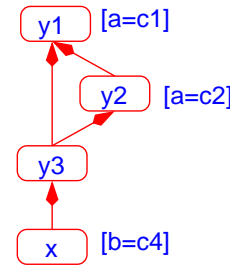
- $y_3 \leq y_4[a = c_4]$ wordt niet uitgesloten
- $y_3 \leq y_2[a = c_2]$ wordt niet uitgesloten

$$H(\Omega_T) = \{y_4[a = c_4], y_2[a = c_2], y_3[a = c_4], y_3[a = c_2]\}$$

⇒ $H(\Omega_T)$ **inconsistent**

⇒ Daardoor taxonomie T **inconsistent**

Overerving en instanties



Erfbare conclusieverzameling

$$H(\Omega_T) = \{y_1[a = c_1], y_2[a = c_2], y_3[a = c_2]\}$$

Als $H(\Omega_T)$ consistent, waarden voor $x \in I$:

$$e_H(x) = \{x[a = c] \mid x[a = c] \in \Theta\} \cup \{x[a = c] \mid x \ll y, y[a = c] \in H(\Omega_T) \text{ en } \forall d \neq c : x[a = d] \notin \Theta\}$$

Erfbare extensie: $E_H(\Omega_T) = \bigcup_{x \in I} e_H(x)$

Voorbeeld: $E_H(\Omega_T) = e_H(x) = \{x[a = c_2], x[b = c_4]\}$

Samenvatting

1. Overervingsketens Ω_T
2. Conclusieverzameling $C(\Omega_T)$
 - consistent (enkel- en meervoudige overerving zonder excepties) ⇒ waarden
 - inconsistent (enkel- en meervoudige overerving met excepties): naar 3.
3. Erfbare conclusieverzameling $H(\Omega_T)$
 - consistent (oplossing) ⇒ waarden
 - inconsistent (signaleren) ⇒ taxonomie inconsistent