

Opgaven bij Hoofdstuk 4 - Frames en Overerving

Semantische netwerken

Opgave 1

- a. Een semantisch net S is een geëtiketteerde graaf $S = (V(S), A(S), \lambda)$, met $V(S)$ de verzameling knopen, $A(S) \subseteq V(S) \times V(S)$ de verzameling pijlen, en $\lambda : A(S) \rightarrow L(S)$ de etiketteerfunctie, die aan elke pijl $(x, y) \in A(S)$ een etiket in $L(S)$ toevoegt. Een beschrijving van de betekenis van een semantisch net S wordt verkregen door de elementen in $V(S)$ en λ van een interpretatie te voorzien. De betekenis van de *is-een* relatie wordt bijvoorbeeld verkregen door met de elementen $x \in V(S)$ deelverzamelingen van een semantisch domein D te associëren, en het etiket *is-een* te interpreteren als set-inclusie; formeel: als $\lambda(x, y) = \textit{is-een}$, dan geldt $\mathcal{I}(x) \subseteq \mathcal{I}(y)$, waarin \mathcal{I} de verzamelingsinterpretatie van knopen in $V(S)$ voorstelt. Probeer nu zelf een interpretatie te geven voor het etiket *veroorzaakt*, dat de basis vormt voor de specificatie van een causaal net. Een voorbeeld van een pijl in zo'n net in de geneeskunde is: $\lambda(\textit{infectie}, \textit{koorts}) = \textit{veroorzaakt}$ (d.w.z. "*infectie veroorzaakt koorts*"). Aan welke axioma's moet de relatie waarin u het *veroorzaakt*-etiket interpreteert volgens u voldoen? Motiveer uw antwoord.
- b. Beschouw een semantisch net $S = (V(S), A(S))$, waarin $V(S)$ de verzameling knopen in het semantisch net voorstelt, $A(S) \subseteq V(S) \times V(S)$ de verzameling pijlen, en λ de labelingsfunctie is. Veronderstel dat de functie λ aan elke pijl $(x, y) \in A(S)$ de waarde *part-of* toevoegt, waarmee tot uitdrukking wordt gebracht dat object x een onderdeel is van object y . Geef nu een interpretatie \mathcal{I} voor deze *part-of* relatie, in overeenstemming met de intuïtieve betekenis van het begrip 'onderdeel van'. Noem de twee belangrijkste eigenschappen van de *part-of* relatie.

Frames

Opgave 2

- a. Veronderstel dat een taxonomie van frames ontwikkeld dient te worden waarin informatie over klassieke kennissystemen is vastgelegd. Gegeven zijn reeds de volgende frames:

```
class kennissysteem is
  superclass nil;
  inhoud = domeinkennis
end
```

```
instance MYCIN is
  instance-of kennissysteem;
  ontwerper = Shortliffe
end
```

```

instance PROSPECTOR is
  instance-of kennissysteem;
  domein = geologie
end

```

Als een beschrijving van het kennissysteem XCON, een systeem voor het configureren van computers, wordt toegevoegd, blijkt het zinvol te zijn om onderscheid te maken tussen enerzijds kennissystemen voor diagnose en analyse, en anderzijds kennissystemen voor configuratie en ontwerp; diagnostische systemen maken namelijk meestal gebruik van top-down inferentie terwijl configuratie-systemen zoals XCON vaak gebruik maken van bottom-up inferentie. Pas de beschreven taxonomie aan dit nieuwe inzicht aan en voeg een (summiere) specificatie van XCON aan de taxonomie toe.

- b. Zij T een taxonomie van frames waarin bij attributen facetten zijn gespecificeerd. Beschrijf aan welke voorwaarde(n) T moet voldoen opdat voor elk frame in T de resultaten bij N - en Z -overerving gelijk zijn.
- c. Beschouw een taxonomie $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$ met $N = (I, K, A, C)$, waarin
- de verzameling instanties $I = \emptyset$,
 - de verzameling klasse-frames $K = \{y_1, \dots, y_4\}$,
 - de verzameling attribuut-waarde specificaties $\Theta = \{y_2[a = c_1], y_4[a = c_2]\}$,
en
 - de relatie \leq gegeven is door

$$\begin{aligned}
 y_1 &\leq y_2 \\
 y_1 &\leq y_3 \\
 y_2 &\leq y_3 \\
 y_2 &\leq y_4 \\
 y_3 &\leq y_4
 \end{aligned}$$

Bepaal de verzameling overervingsketens in de taxonomie T , en bepaal voorts de conclusieverzameling en de erfbare conclusieverzameling van deze taxonomie. Is de taxonomie T consistent?

Opgave 3

- a. Beschouw de volgende drie frames in de frame-taxonmie T :

```

class automobiel is
  superclass nil;
  wielen = 4;
  zitplaatsen = 4
end

class sportwagen is
  superclass automobiel;
  zitplaatsen = 2
end

```

```

instance Rolls-Royce is
  instance-of automobiel;
  max-snelheid = genoeg
end

```

Vertaal de informatie in de drie bovenstaande frames in eerste-orde predikatenlogica met gelijkheid. Is de resulterende verzameling formules in de klassieke eerste-orde predikatenlogica consistent of inconsistent? Geef een toelichting.

- b. Beschouw het volgende algoritme voor enkelvoudige overerving met excepties:

```

function Inherit(frame, attr-value-pairs)
  if frame = nil then
    return(attr-value-pairs)
  end;
  pairs ← AttributePart(frame);
  attr-value-pairs ← attr-value-pairs ∪
    NewAttributes(pairs, attr-value-pairs);
  return(Inherit(Superframe(frame), attr-value-pairs))
end

```

Het afhandelen van excepties geschiedt door de functie `NewAttributes` die attribuut-waarde paren verwijdert uit `pairs` waarvan de attribuutnaam reeds in de parameter `attr-value-pairs` voorkomt. Het algoritme opereert op een boomvormige taxonomie, maar is eenvoudig uit te breiden voor het geval van een graafvormige taxonomie. Geef een voorbeeld waaruit blijkt dat het uitgebreide algoritme geen correcte implementatie van meervoudige overerving met excepties oplevert.

- c. Zij gegeven de taxonomie $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, waarin $N = (I, K, A, C)$. Hierin is I de verzameling instanties, K de verzameling klasse-frames, A de verzameling attributen en C de verzameling constanten; Θ is de verzameling attribuut-waarde specificaties in T . Beschouw de verzamelingen $K = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$, $I = \{x\}$ en $\Theta = \{y_2[a = c_1], y_4[a = c_2]\}$, waarbij $c_1 \neq c_2$. De relatie \leq en de functie \ll in T zijn als volgt gedefinieerd:

$$\begin{aligned}
 x &\ll y_1 \\
 y_1 &\leq y_2 \\
 y_2 &\leq y_3 \\
 y_3 &\leq y_4 \\
 y_1 &\leq y_3
 \end{aligned}$$

Bepaal de verzameling overervingsketens in de taxonomie T , en bepaal voorts de conclusieverzameling en de erfbare conclusieverzameling van deze taxonomie. Is de taxonomie T consistent?

Opgave 4

- a. Beschouw de volgende twee frames in de frame-taxonomie T :

```
class automobiel is  
  superclass nil;  
  wielen = 4;  
  zitplaatsen = 4  
end
```

```
instance Rolls-Roys is  
  instance-of automobiel;  
  max-snelheid = genoeg  
end
```

Vertaal de informatie in de twee bovenstaande frames in een representatie met behulp van een semantisch net.

- b. Enkelvoudige overerving met excepties in een boomvormige taxonomie kan worden gerealiseerd door een zoekproces op de starten vanuit het frame waarvoor men de erfbare attributen wil bepalen. Hierbij worden de erfbare attribuut-waarde paren aanwezig in de voorouders (generalisaties) van het gegeven frame verzameld in een verzameling E . Voordat een bepaald attribuut echter wordt toegevoegd aan E , wordt nagegaan of het attribuut reeds in E aanwezig is, mogelijk met een andere waarde. Indien het attribuut reeds in E voorkomt, wordt het niet toegevoegd. Dit algoritme behandelt zo excepties op semantisch correcte wijze. Waarom is dit algoritme niet geschikt voor het realiseren van meervoudige overerving met excepties in een graafvormige taxonomie? Geef een voorbeeld waarin dit algoritme een onjuist resultaat afgeeft.
- c. Zij gegeven de taxonomie $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, met $N = (I, K, A, C)$. Hierin is K de verzameling klasse-frames, I de verzameling instanties, A de verzameling attributen en C de verzameling constanten; Θ is de verzameling attribuut-waarde specificaties in T . Beschouw de verzamelingen $K = \{x, y, u, z\}$, $I = \{w\}$ en $\Theta = \{x[b = 2], y[a = 10], z[a = 20]\}$. De relatie \leq en de functie \ll in T zijn als volgt gedefinieerd:

```
 $x \leq y$   
 $y \leq z$   
 $u \leq x$   
 $u \leq y$   
 $w \ll u$ 
```

Bepaal de verzameling overervingsketens in de taxonomie T , en bepaal voorts de conclusieverzameling en de erfbare conclusieverzameling van deze taxonomie. Is de taxonomie T consistent?

Opgave 5

- a. Beschouw de volgende frames:

```
class temperatuur is  
  superclass nil;  
  apparaat = (value thermometer);  
  ijkwaarde = (default 60);  
  waarde = (default 60);  
  afwijking = (demon if-needed verschil(ijkwaarde, waarde))  
end  
  
class binnentemp is  
  superclass temperatuur;  
  ijkwaarde = (default 70);  
  marge = (value 10);  
  alarm = (demon if-needed niveau(marge,afwijking,ijkwaarde))  
end  
  
instance meting1 is  
  instance-of binnentemp;  
  waarde = (value 85)  
end
```

waarin de procedure ‘verschil’ gedefinieerd is door ‘verschil(x,y) = y – x’; de procedure ‘niveau’ is gedefinieerd door

$$\text{niveau}(x, y, z) = \begin{cases} \text{ja} & \text{als } y > z \cdot x \\ \text{nee} & \text{anders} \end{cases}$$

Er wordt gebruik gemaakt van *N*-overerving als inferentievorm. Veronderstel nu dat het voor een bepaalde toepassing nodig is om de afwijking en het (al dan niet optreden van een) alarm voor ‘meting1’ te bepalen. Welke waarden worden voor deze attributen berekend? Welke andere informatie kan nog voor ‘meting1’ worden afgeleid?

- b. Het algoritme voor overerving waarin gebruik gemaakt wordt van overervingsketens is speciaal ontworpen voor het omgaan met excepties in graafvormige taxonomieën. De toepassing van dit algoritme op een boomvormige taxonomie levert een erfbare conclusieverzameling op die overeenstemt met de verzameling attribuut-waarde paren die verkregen kan worden door toepassing van enkelvoudige overerving met excepties. Het algoritme is dus ook correct in het geval van een boomvormige taxonomie. Stel een vereenvoudiging op van dit algoritme, zodanig dat het omgaan met overervingsketens speciaal toegesneden is op het omgaan met excepties in een boomvormige taxonomie.
- c. Veronderstel dat u een hybride kennisrepresentatie-formalisme wilt ontwerpen waarin frames met overerving en formules in Horn clause-logica naast elkaar worden gebruikt. De Horn clauses kunnen worden gebruikt voor de berekening van

waarden van attributen. Geef een korte beschrijving van een frame-formalisme waarin u dit kunt realiseren. Breid het algoritme voor enkelvoudige overerving (single inheritance) zodanig uit dat het mogelijk wordt attribuutwaarden te bepalen met behulp van een inferentiemethode voor Horn clauses. Illustreer uw ideeën aan de hand van een klein voorbeeld waarin de mogelijkheden van het formalisme duidelijk gemaakt worden.

Opgave 6

- a. Beschouw de volgende drie frames in de frame-taxonomie T :

```
class pc is  
  superclass nil;  
  cpu = i8088;  
  os = pc-dos;  
  toetsen = 101  
end
```

```
class ibm-at is  
  superclass pc;  
  cpu = i80286  
end
```

```
instance piets-pc is  
  instance-of ibm-at;  
  os = xenix  
end
```

Vertaal de informatie in de drie bovenstaande frames in eerste-orde predikatenlogica met gelijkheid. Is de resulterende verzameling formules in de klassieke eerste-orde predikatenlogica consistent of inconsistent? Geef een toelichting.

- b. Stel dat we de in opgave a gegeven frames als volgt wijzigen door bij elk attribuut facetten te specificeren:

```
class pc is  
  superclass nil;  
  cpu = (default i8088);  
  os = (default pc-dos);  
  toetsen = (value 101)  
end
```

```
class ibm-at is  
  superclass pc;  
  cpu = (value i80286);  
  toetsen = (default 102)  
end
```

```

instance piets-pc is
  instance-of ibm-at;
  os = (value xenix)
end

```

Maak nu gebruik van N -overerving om de attribuut-waarde paren die voor de instantie ‘piets-pc’ gelden te bepalen. Doe hetzelfde voor het geval van Z -overerving en vergelijk de beide uitkomsten.

- c. Zij gegeven de taxonomie $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, waarin $N = (I, K, A, C)$. Hierin is K de verzameling klasse-frames, I de verzameling instanties en Θ de verzameling attribuut-waarde specificaties in T . Beschouw de verzamelingen $K = \{x, y, z\}$, $I = \{u\}$ en $\Theta = \{x[b = 2], y[a = 10], z[a = 20]\}$. De relatie \leq en de functie \ll in T zijn als volgt gedefinieerd:

```

 $x \leq y$ 
 $y \leq z$ 
 $x \leq z$ 
 $u \ll x$ 

```

Bepaal de verzameling overervingsketens in de taxonomie T , en bepaal voorts de conclusieverzameling en de erfbare conclusieverzameling van deze taxonomie. Is de taxonomie T consistent?

Opgave 7

- a. Beschouw een frame-formalisme waarin een attribuut meer dan een waarde tegelijkertijd kan aannemen: alle attributen zijn per definitie meerwaardig. Een attribuut is in dit formalisme een uitspraak van de vorm $a = \{c_1, \dots, c_n\}$, $n \geq 1$, waarin a een attribuutnaam is, en c_1, \dots, c_n constanten zijn. Beschouw nu het volgende frame:

```

class  $F_1$  is
  superclass  $F_2$ ;
   $a = \{c_1, c_2, c_3\}$ 
end

```

Hierin is met het sleutelwoord **class** aangegeven dat het een klasseframe betreft en is met de **superclass** specificatie aangegeven dat het (hier niet getoonde) frame F_2 het superframe van het frame F_1 is. Vertaal het gegeven frame naar een representatie in de eerste-orde predikatenlogica.

Geef tevens een algoritme voor overerving in boomvormige taxonomieën, die gespecificeerd zijn in dit formalisme, waarin attributen meer dan een keer kunnen voorkomen.

- b. Beschouw de volgende taxonomie $T = (N, \Theta, \ll, \leq)$, waarin $N = (I, K, A, C)$. Hierin is:

- de verzameling instantie-frames $I = \emptyset$
- de verzameling klasse-frames $K = \{p_1, p_2, p_3\}$
- de verzameling attribuut-waarde specificaties $\Theta = \{p_2[a = c_1], p_3[a = c_2]\}$, met $c_1 \neq c_2$

De subklasse-relatie \leq is als volgt gedefinieerd:

$$p_1 \leq p_2$$

$$p_1 \leq p_3$$

We willen nu de betekenis van de taxonomie T laten samenvallen met de door vertaling in de *klassieke* eerste-orde predikatenlogica verkregen formules. Vergelijk hiertoe de conclusieverzameling (conclusion set) met interpretaties \mathcal{I} van de logische formules in structuren \mathcal{S} en laat zien hoe u de beide betekenissen met elkaar in overeenstemming kunt brengen.

c. Beschouw de volgende verzameling frames:

```
class veelvlak is
  superclass nil;
end
```

```
class prisma is
  superclass veelvlak;
  grondvlak = (default 9);
  hoogte = (value 2.9);
  inhoud = (demon if-needed V(grondvlak,hoogte))
end
```

```
class kubus is
  superclass prisma;
  ribbe = (default 3);
  inhoud = (default 27);
  grondvlak = (demon if-needed O(ribbe));
  hoogte = (demon if-needed H(ribbe))
end
```

```
instance kubus1 is
  instance-of kubus;
  ribbe = (value 2);
  inhoud = (default 9)
end
```

waarin de procedure V gedefinieerd is als $V(x, y) = x \cdot y$, de procedure O als $O(x) = x^2$, en de procedure H als $H(x) = x$.

Geef een beschrijving van een zodanige vorm van overerving van attributen met facetten waardoor de attributen van de instantie ‘kubus1’ een correcte waarde verkrijgen. Welke waarden worden voor de attributen van de instantie ‘kubus1’ door de uw gekozen vorm van overerving berekend? Motiveer uw antwoord.

Opgave 8

- a. Beschouw een algoritme voor meervoudige overerving met excepties waarin van de representatie van een frametaxonomie T als gerichte graaf $G = (V(G), A(G))$ gebruik wordt gemaakt. De overerving van attribuutwaarden verloopt in dit algoritme als volgt. Indien een klasse u een waarde voor attribuut a kan overerven, dan wordt die waarde van a die in de klasse v gespecificeerd is genomen, waarvoor geldt dat de lengte van het pad van u naar v in G het kleinste is. Indien er geen uniek minimaal pad is, maar wel meer dan één waarde kan worden overgeërfd voor a door u , signaleert het algoritme een inconsistentie.

Wanneer levert dit algoritme wel, en wanneer levert het algoritme niet hetzelfde resultaat op als het algoritme voor meervoudige overerving met excepties dat gebaseerd is op de uitsluiting (preclusion) van overervingsketens.

- b. Beschouw de volgende collectie getypeerde frames:

```
class c1 is
  superclass c3;
  a1 : c2
end
```

```
class c2 is
  superclass nil;
  a2 : real
end
```

```
class c3 is
  superclass nil;
  a1 : c4
end
```

```
class c4 is
  superclass nil;
  a2 : int
end
```

Onderzoek op wiskundig precieze wijze of deze collectie frames correct getypeerd is.

Opgave 9

Veronderstel dat u in het kader van een software-project de volgende (sterk vereenvoudigde) frame-taxonomie T heeft opgesteld:

```
class program is
  superclass nil
end
```

```

class kennissystem is
  superclass program;
  component = {knowledge-base, inference-engine,
               explanation-facility, user-interface};
  contents = domain-knowledge
end

instance MYCIN is
  superclass kennissystem;
  developer = Shortliffe
end

```

Alle attributen, met uitzondering van het attribuut ‘component’ dat meerwaardig is, zijn eenwaardig. Het is de bedoeling dat een systeem wordt ontwikkeld, waarmee eigenschappen van een vaste verzameling instantiaties kunnen worden opgevraagd (voor de eenvoud is aangenomen dat slechts één instantiatie gegeven is).

Nadat u deze frame-taxonomie heeft opgesteld, is het noodzakelijk tot een implementatie komen. Het bedrijf waar u werkt, heeft gekozen voor het gebruik van de knowledge-system shell SUPER; met deze shell kunnen slechts produktiesystemen worden ontwikkeld, met object-attribuut-waarde representatie en backward-chaining als inferentie-algoritme. De projectleider verwacht van u (a) een sluitende argumentatie waarom het fundamenteel onmogelijk is het systeem op basis de frame-taxonomie T te implementeren met behulp van de SUPER knowledge-system shell, òf (b) een precies en *algemeen* vertalingsschema op grond waarvan de frame-taxonomie vertaald kan worden in een object-schema, feiten en produktieregels voor de knowledge-system shell SUPER, geïllustreerd aan de hand van een vertaling van bovenstaande frame-taxonomie. Geef antwoord op de vraag van de projectleider.