

Patronen voor de uitbreiding van een Bayesiaans netwerk voor de diagnose van klassieke varkenspest naar stapelniveau

Mitch Hermsen

Begeleiders:

Prof. dr. ir. L.C. van der Gaag

Dr. S. Renooij

Universiteit Utrecht

Scriptienummer:

INF/SCR-06-77

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Achtergrond	7
2.1 Bayesiaanse netwerken	7
2.2 Huidige varkenspestnetwerk	9
3. Literatuuronderzoek	11
3.1 Vergelijkbare modellen.....	11
3.1.1 PANDA.....	11
3.1.2 Mycoplasma netwerk	13
3.2 Object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken	14
4. Kennisvergaring	18
4.1 Eerste interview	18
4.1.1 Doel.....	18
4.1.2 Methode	19
4.1.3 Resultaten.....	20
4.1.4 Discussie	21
4.2 Tweede interview	22
4.2.1 Doel.....	22
4.2.2 Methode	22
4.2.3 Resultaten.....	24
4.2.4 Discussie	26
4.3 Discussie interviewtechnieken	27
5. Modelleren	28
5.1 Patronen stapelniveau	28
5.1.1 Patroon oorzakelijke variabelen.....	28
5.1.2 Patroon symptomatische variabelen	30
5.1.3 Patroon alternatief verklarende variabelen	32
5.2 Variabelen stapelniveau	33
5.2.1 Oorzakelijke variabelen	34
5.2.2 Symptomatische variabelen	35
5.2.3 Alternatief verklarende variabelen.....	37
6. Conclusies en aanbevelingen	39
Referenties	40
Appendix.....	42

1. Inleiding

Klassieke varkenspest (KVP) is een zeer besmettelijke virale ziekte die bij een uitbraak grote sociaal-economische gevolgen kan hebben. Bij de laatste grote uitbraak van KVP in varkenshouderijen in Nederland in de periode 1997-1998 moesten 700 duizend varkens geruimd worden en werd het economisch verlies geraamd op 2,3 miljard US\$ [Elbers et al., 2002]. Een uitbraak van KVP kan relatief lang onopgemerkt blijven [Elbers et al., 1999] waardoor de ziekte zich in de beginperiode, vooral in gebieden met een hoge dichtheid aan varkenshouderijen, snel kan verspreiden. Het is daarom van groot belang om de periode van hoog risico, de tijd tussen infectie en detectie [Horst et al., 1998], te minimaliseren. Klinische symptomen die worden waargenomen door veehouders en dierenartsen zijn vaak de eerste indicatie van een KVP-besmetting in een stapel varkens [Elbers et al., 1999]. De klinische diagnose van KVP is echter erg moeilijk, omdat de klinische symptomen van KVP atypisch zijn, er geen symptoom of combinatie van symptomen is die de aanwezigheid van de ziekte bewijzen en de symptomen een grote overlap met andere ziekten hebben. Ter ondersteuning van dierenartsen in de praktijk wordt, in een samenwerkingsverband van de groep Decision Support Systems van het departement Informatica van de Universiteit Utrecht en het Centraal Instituut voor DierziekteControle Lelystad, een beslissingsondersteunend systeem ontwikkeld voor de vroege diagnose van een KVP-besmetting [Geenen et al., 2007]. De basis voor het systeem is een Bayesiaans netwerk.

Bayesiaanse netwerken zijn een compacte weergave van een kansverdeling over een verzameling van variabelen. De relevante variabelen uit een domein en hun relaties worden gemodelleerd in een grafische structuur. Hiernaast is er een kwantitatief deel waarin de sterkten van de relaties met behulp van conditionele kansverdelingen zijn gemodelleerd. Uit een Bayesiaans netwerk kan elke willekeurige kans over zijn variabelen berekend worden. Bayesiaanse netwerken worden met succes toegepast in veel verschillende domeinen. Voor het oplossen van diagnostische problemen in het medische domein zijn bijvoorbeeld al vele netwerken ontwikkeld [Lucas et al., 2004]. Waar in het medische domein diagnose is gericht op het vaststellen van de aanwezigheid van een ziekte bij een individu, is diagnose in de diergeneeskunde veel meer gericht op een groep dieren, zeker als het om besmettelijke ziekten zoals klassieke varkenspest gaat. Een Bayesiaans netwerk in het domein van de diergeneeskunde dient dus rekening te houden met de aanvang en verspreiding binnen de stapel bij het modelleren van het ontstaan van een besmettelijke ziekte. Er zijn echter nog maar enkele Bayesiaanse netwerken voorgesteld die deze groepsdynamiek modelleren.

Als eerste stap binnen het varkenspestproject is een Bayesiaans netwerk ontwikkeld voor de diagnose van klassieke varkenspest bij een individueel varken. Het netwerk modelleert het ontstaan en verloop van de ziekte en berekent de kans op aanwezigheid van KVP in een ziek varken gegeven de klinische observaties van het varken. De volgende stap in de ontwikkeling van het netwerk is een uitbreiding naar stapelniveau [Geenen & Van der Gaag, 2005]. Het netwerk zal de basis vormen van een nog te ontwikkelen beslissingsondersteunend systeem voor dierenartsen bij een bezoek aan varkensbedrijven met een ernstig onbekend klinisch probleem. De dierenarts wordt geleid door een aantal vragen met betrekking tot de diagnose van klassieke varkenspest. De observaties die de dierenarts invult worden gebruikt als bewijs in het probabilistische netwerk, waarmee het netwerk de kans berekent dat de varkens een varkenspestbesmetting hebben. Deze kans wordt vervolgens gepresenteerd aan de dierenarts in combinatie met een advies over de te kiezen handelwijze.

De eerste stap in de uitbreiding van het huidige varkenspestnetwerk is het in kaart brengen van het diagnostisch proces als het gaat om de diagnose van KVP in een stapel varkens. Het gaat hier ook om de verschillen met de diagnose van een individueel dier, omdat hierover al kennis is vergaard voor de ontwikkeling van het huidige netwerk. Hiertoe hebben we twee domeinexperts, dierenartsen bij de faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht, twee maal geïnterviewd. De informatie die we hebben verkregen uit de interviews vormt de basis voor de definitie van de variabelen op stapelniveau die aan het netwerk voor het individuele dier moeten worden toegevoegd. De gedefinieerde variabelen zijn vervolgens in categorieën ingedeeld, zoals bijvoorbeeld de variabelen die de a priori kans op varkenspest beïnvloeden. Om deze, en eventueel toekomstige, variabelen aan het zich ontwikkelende netwerk te kunnen toevoegen, hebben we voor elke categorie een basispatroon ontwikkeld. Een basispatroon is een specificatie voor het toevoegen van een variabele. Het bestaat uit een Bayesiaans netwerkfragment waarin de aansluiting van de toe te voegen variabele met het bestaande netwerk staat weergegeven. In de begeleidende tekst van het basispatroon staat welke variaties er op het patroon mogelijk zijn en welke niet. Ook wordt aangegeven wat er gecontroleerd moet worden. Hiermee moet het makkelijker worden om later variabelen aan het netwerk toe te voegen en te controleren of ze correct zijn toegevoegd.

Deze scriptie is als volgt ingedeeld. In hoofdstuk 2 wordt kort uitgelegd wat Bayesiaanse netwerken zijn en wordt het huidige varkenspestnetwerk voor het individuele dier beschreven. Vervolgens bespreken we in hoofdstuk 3 bestaande Bayesiaanse netwerken op groepsniveau en het modelleren met object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken. Dan volgen in hoofdstuk 4 de opzet en de resultaten van de twee interviews die we hebben gehouden met twee dierenartsen over de diagnose van KVP op stapelniveau. In hoofdstuk 5 worden de variabelen en bijbehorende patronen voor de uitbreiding van het huidige varkenspestnetwerk naar stapelniveau gepresenteerd. Hoofdstuk 6 sluit af met conclusies en aanbevelingen voor de verdere uitbreiding van het varkenspestnetwerk.

2. Achtergrond

Aangezien de basis voor het beslissingsondersteunend systeem voor dierenartsen een Bayesiaans netwerk is, volgt een korte introductie tot deze netwerken. Hierop volgt een korte beschrijving van het huidige Bayesiaanse netwerk voor de diagnostiek van varkenspest voor individuele dieren.

2.1 Bayesiaanse netwerken

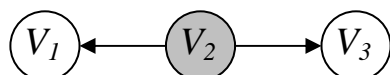
Bayesiaanse netwerken zijn een compacte weergave van een kansverdeling over een verzameling van variabelen. Een Bayesiaans netwerk B bestaat uit twee delen: een grafische structuur G en een bijbehorende kansverdeling Γ , met als resultaat het paar $B = (G, \Gamma)$.

De grafische structuur is een acyclische gerichte graaf $G = (V(G), A(G))$ met een verzameling knopen $V(G) = \{V_1, \dots, V_n\}$, $n \geq 1$, en een verzameling pijlen $A(G) \subseteq V(G) \times V(G)$. De knopen, in de graaf weergegeven met een cirkel, corresponderen met de variabelen. Een variabele kan een waarde aannemen uit een verzameling van twee of meer mogelijke waarden. Een pijl tussen twee knopen geeft aan dat er een probabilistische invloed is tussen de twee variabelen. Een pijl $V_i \rightarrow V_j$ geeft aan dat er een probabilistische invloed is tussen V_i en V_j . Hierbij heet V_i een ouder van V_j en V_j een kind van V_i . De afwezigheid van een pijl tussen twee knopen betekent dat de knopen elkaar niet direct beïnvloeden.

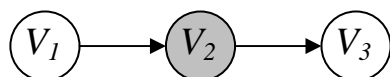
De kansverdeling Γ bevat een kanstabel voor elke knoop uit het netwerk. In zo'n kanstabel staan de conditionele kansverdelingen voor de variabele gegeven combinaties van de waarden van de ouders van de variabele. Voor elke mogelijke combinatie $\pi(V_i)$ van de waarden van de ouders van de variabele V_i is er één kansverdeling, genoteerd als $Pr(V_i | \pi(V_i))$. Indien een knoop geen ouders heeft, dan bestaat de kanstabel uit de a priori kansverdeling over zijn waarden.

In een Bayesiaans netwerk kunnen observaties worden ingevoerd. Een observatie zegt dat er zekerheid is over de waarde van een bepaalde knoop. Een observatie wordt ook wel een bewijs voor een bepaalde waarde genoemd. Als er een pijl is tussen twee knopen betekent dit dat een observatie van een van deze knopen een directe invloed heeft op de kansverdeling over de waarden van de andere knoop. Het is het echter ook mogelijk dat een observatie invloed heeft op de kansverdeling van knopen waarmee geen directe verbinding is. Om te kunnen voorspellen of een knoop een indirecte invloed op een andere knoop heeft, moet worden gekeken naar de ketens tussen de knopen en de bewijzen E . Een bewijs kan een keten blokkeren, hetgeen inhoudt dat er over de keten geen probabilistische invloed tussen de twee knopen meer is. Beschouw een keten s in een graaf G met knopen V_1 , V_2 en V_3 op de keten. Nu zeggen we dat de bewijzen E de keten s blokkeren in één van de volgende drie gevallen:

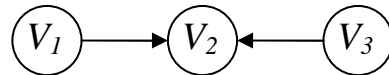
- a. Pijlen $V_2 \rightarrow V_1$ en $V_2 \rightarrow V_3$ liggen op keten s en knoop V_2 is een element van E



- b. Pijlen $V_1 \rightarrow V_2$ en $V_2 \rightarrow V_3$ liggen op keten s en knoop V_2 is een element van E

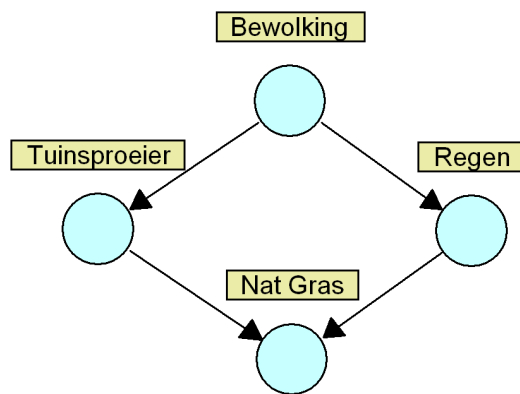


- c. Pijlen $V_2 \rightarrow V_1$ en $V_3 \rightarrow V_2$ liggen op keten s en knoop V_2 en de kinderen van V_2 zijn geen element van E



Wanneer alle ketens tussen twee knopen zijn geblokkeerd zeggen we dat deze ge-d-separeerd zijn. De twee knopen oefenen dan geen directe probabilistische invloed op elkaar uit, ze zijn conditioneel onafhankelijk gegeven E .

In figuur 2.1 is een voorbeeld van een simpel Bayesiaans netwerk te zien. In het tuinsproeiernetwerk, overgenomen uit [Murphy, 1998], is gemodelleerd dat de aanwezigheid van bewolking invloed heeft op het aanstaan van een tuinsproeier en het vallen van regen, welke weer invloed hebben op de vochtigheid van een gazon. Het netwerk bevat vier variabelen. De variabele *Nat Gras* is afhankelijk van de variabelen *Bewolking*, *Tuinsproeier* en *Regen*. Elke variabele in het netwerk kan één van twee waarden aannemen. In de kanstabel is af te lezen wat de kansen op de waarden zijn gegeven de mogelijke waarden van de ouders.



$$\begin{aligned} Pr(Bewolking = ja) &= 0.5 \\ Pr(Bewolking = nee) &= 0.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr(Tuinsproeier = aan \mid Bewolking = ja) &= 0.5 \\ Pr(Tuinsproeier = aan \mid Bewolking = nee) &= 0.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr(Regen = ja \mid Bewolking = ja) &= 0.8 \\ Pr(Regen = ja \mid Bewolking = nee) &= 0.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr(Nat\ Gras = ja \mid Tuinsproeier = aan, Regen = ja) &= 0.99 \\ Pr(Nat\ Gras = ja \mid Tuinsproeier = aan, Regen = nee) &= 0.9 \\ Pr(Nat\ Gras = ja \mid Tuinsproeier = uit, Regen = ja) &= 0.9 \\ Pr(Nat\ Gras = ja \mid Tuinsproeier = uit, Regen = nee) &= 0.0 \end{aligned}$$

Figuur 2.1: Het tuinsproeiernetwerk met bijbehorende kanstabellen.

In de eerste kanstabel is te zien dat de a priori kans op bewolking is geschat op 0.5. De kans op de afwezigheid van bewolking is complementair aan de kans op bewolking, $Pr(Bewolking = ja) = 1 - Pr(Bewolking = nee) = 0.5$. In de kanstabellen van de drie overige variabelen zijn de complementaire kansen weggelaten om ruimte te besparen. De kansen voor de variabele *Nat Gras* geven voor elke combinatie van waarden van de ouders de kans dat het gras nat of droog is. Er geldt bijvoorbeeld $Pr(Nat\ Gras = nee \mid Tuinsproeier = aan, Regen = nee) = 1 - Pr(Nat\ Gras = ja \mid Tuinsproeier = aan, Regen = nee) = 0.1$.

Het is mogelijk om in het tuinsproeiernetwerk bijvoorbeeld de waarde *aan* in te voeren voor de variabele *Tuinsproeier*, hetgeen aangeeft dat geobserveerd is dat de tuinsproeier aanstaat. Zodra bekend is of er al dan niet bewolking is, zijn de knopen *Tuinsproeier* en *Regen* ge-d-separeerd gegeven deze observatie. Op de keten $Tuinsproeier \leftarrow Bewolking \rightarrow Regen$ is conditie *a*. van de bovenstaande gevallen voor ketenblokkade van toepassing en op de keten $Tuinsproeier \rightarrow Nat\ Gras \leftarrow Regen$ conditie *c*.

Na het invoeren van een observatie in een Bayesiaans netwerk volgt probabilistische inferentie, waarmee het nieuwe bewijs wordt doorgegeven aan de andere knopen en de kansverdelingen over de variabelen in het netwerk worden bijgewerkt. Om op een efficiënte manier de a posteriori kansverdeling voor elke knoop in het netwerk te kunnen berekenen zijn

enkele algoritmen ontworpen die de onafhankelijkheden weergegeven in de grafische structuur van het netwerk benutten. De meest bekende zijn het algoritme van Pearl [Pearl, 1988] en het algoritme van Lauritzen en Spiegelhalter [Lauritzen & Spiegelhalter, 1988].

2.2 Huidige varkenspestnetwerk

De basis van het onderzoek in deze scriptie is het varkenspestnetwerk dat is beschreven in onder andere [Geenen & Van der Gaag, 2005]. Het netwerk is in eerste instantie ontwikkeld voor de diagnose van klassieke varkenspest bij een individueel varken. Voor de ontwikkeling van het netwerk is besloten om te beginnen met het modelleren van het ontstaan en verloop van klassieke varkenspest in een individueel dier. Daardoor konden de specifieke moeilijkheden rondom de verspreiding van de ziekte later apart bestudeerd worden.

Het huidige netwerk voor individuele dieren is gemaakt met de hulp van twee experts van het Centraal Instituut voor DierziekteControle in Lelystad. In een ongestructureerd interview is de experts gevraagd om het domein te beschrijven. Hierop volgden 11 gestructureerde interviews waarin gedetailleerde vragen werden gesteld. In 6 van deze gestructureerde interviews zijn de kansen die nodig zijn voor het netwerk geschat met behulp van kansschalen zoals beschreven in [Van der Gaag et al., 1999]. Het huidige netwerk bestaat uit 42 variabelen (met elk 2-5 waarden) waarvoor meer dan 2400 kansen zijn geschat. Deze variabelen modelleren de risicofactoren en de ontwikkeling van een infectie met klassieke varkenspest. Hiernaast zijn klinische symptomen en alternatieve verklaringen voor deze symptomen gemodelleerd.

Een grafische weergave van het huidige varkenspestnetwerk is te zien in figuur 2.2. De variabele waar het om gaat is *Viremie KVP* die de waarden *ja* en *nee* kan aannemen. Als alternatieve verklaring voor waargenomen symptomen is het mogelijk dat een varken een andere infectie heeft dan klassieke varkenspest die de oorzaak is van de klinische symptomen die overlappen met de klinische symptomen van klassieke varkenspest. Hiervoor is de variabele *Primaire Andere Infectie* opgenomen, die de waarden *geen*, *luchtweginfectie*, *maagdarminfectie* en *luchtweg- en maagdarminfectie* kan aannemen. Dit is een beperkt aantal waarden om de complexiteit te beperken. Ook kunnen de klinische symptomen onterecht als symptomen van klassieke varkenspest worden aangemerkt. Deze alternatieve verklaringen voor klinische symptomen zijn in het netwerk gemodelleerd in de variabelen *Klimaatprobleem*, *Vergiftiging* en *Stof*. Deze variabelen hebben uitgaande pijlen naar de klinische symptomen die ze verklaren.

Het netwerk modelleert de verschillende soorten varkens in de variabele *Type varken*, die de waarden *zogende big*, *gespeende big*, *vleesvarken/gelt*, *zeug* en *beer* kan aannemen. Bepaalde klinische symptomen zijn alleen van toepassing op zeugen, zoals *Intra-uterine infectie*, *Trilbiggen* en *Melkproductie*. Om het model toch geschikt te maken voor alle soorten varkens is besloten om deze variabelen de extra waarde *niet van toepassing* te geven voor het geval dat het type varken geen zeug is. De variabelen onderin het huidige netwerk zijn voornamelijk de klinische symptomen die het gevolg zijn van klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie. Voorbeelden zijn de variabelen *Koorts*, *Conjunctivitis* en *Huidbloedingen* welke allen de waarden *ja* en *nee* kunnen aannemen.

3. Literatuuronderzoek

Om inzicht te krijgen in het redeneren op groepsniveau binnen een Bayesiaans netwerk hebben we gezocht naar eerder werk op dit gebied. Twee netwerken met een aan groepsniveau gerelateerde problematiek worden in dit hoofdstuk beschreven. Ook komen object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken aan bod, die de mogelijkheid van hergebruik van netwerkkonderdelen bieden.

3.1 Vergelijkbare modellen

De uitbreiding van het huidige varkenspestnetwerk voor het individuele dier moet leiden tot een model voor het diagnosticeren van een ziekte bij een groep dieren. In dit uiteindelijke model zal de diagnose van de hele groep gebaseerd worden op de onderzoeken van enkele dieren uit die groep en op enkele variabelen op stapelniveau. Het probleem dat zich hierbij voordoet, is dat dit soort modellen voor groepsdiagnose niet of nauwelijks bestaan. Er is echter wel over enkele Bayesiaanse netwerken gepubliceerd die overeenkomsten hebben met ons beoogde model voor de detectie van varkenspest op stapelniveau.

3.1.1 PANDA

Het Bayesiaanse biosurveillance systeem PANDA, beschreven in [Cooper et al., 2004, Wong et al., 2005], heeft als basis een Bayesiaans netwerk. Het heeft als doel om in een relatief vroeg stadium een via de buitenlucht verspreide uitbraak van (bioterroristische) miltvuur in een grote populatie te detecteren. Het gaat hier in tegenstelling tot de klassieke varkenspest om een voor mensen onderling niet-besmettelijke infectieziekte en een ziekte die na besmetting snel symptomen veroorzaakt. Dit is een belangrijk verschil. In het uiteindelijke varkenspestnetwerk zullen de diagnoses van de onderzochte individuele dieren waarschijnlijk een directe probabilistische invloed op elkaar moeten uitoefenen. In het PANDA netwerk oefenen de individuen geen directe probabilistische invloed op elkaar uit. In eerste instantie lijken de symptomen van geïnhaled miltvuur op die van verkoudheid, griep of een longontsteking. Het PANDA netwerk houdt daarom ook rekening met alternatieve verklaringen zoals het varkenspestnetwerk.

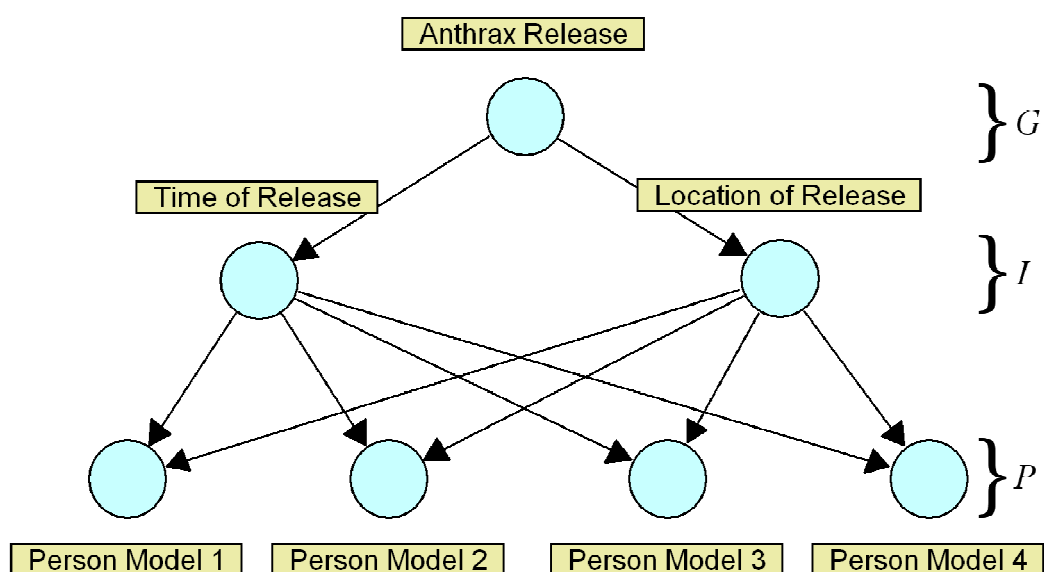
Het PANDA netwerk modelleert 1,4 miljoen mensen uit een bestaande regio in de Verenigde Staten en is gemaakt met data van de Eerste Hulpafdelingen van ziekenhuizen uit die regio. Het is dus niet mogelijk het PANDA netwerk voor een willekeurige groep mensen te gebruiken. Het netwerk bevat 20 miljoen knopen, waarbij elk individu gerepresenteerd wordt door 14 knopen. Er worden diverse technieken gebruikt om te zorgen dat er niet daadwerkelijk met 20 miljoen knopen gerekend wordt. Real-time inferentie is namelijk van belang voor de toepassing.

De globale structuur van het netwerk is te zien in figuur 3.1. Het gemaakte netwerk is opgebouwd uit drie verschillende niveaus of lagen:

- De bovenste laag G bevat de knopen waarin de algemene kenmerken die gelden voor alle individuen zijn gemodelleerd. De knoop *Anthrax Release* modelleert bijvoorbeeld of er al dan niet miltvuur is verspreid. *Anthrax Release* is de doelknoop van het netwerk.

- De tussenlaag bestaat uit de interface knopen I . In I zijn de factoren gerepresenteerd die de status van de ziekte-uitbraak in de mensen van de populatie direct beïnvloeden (*Location of Release* en *Time of Release*).
- De onderste laag bevat de persoonssubnetwerkenverzameling P met personen P_1, P_2, \dots . Een persoonssubnetwerk P_i bestaat uit een beperkt aantal knopen met informatie over symptomen, een eventuele opname bij de Eerste Hulpafdeling van een ziekenhuis, persoonsgegevens (postcode, leeftijd en geslacht) en de status van de miltvuurbesmetting.

De middelste laag I zorgt voor d-separatie tussen de verschillende persoonssubnetwerken wanneer er bewijs is voor de knopen in I . De persoonssubnetwerken oefenen dan geen probabilistische invloed meer op elkaar uit. Bij bewijs voor de knopen in I d-separeren deze knopen ook de knopen uit de lagen G en P .



Figuur 3.1: De causale Bayesiaanse netwerkstructuur gebruikt in PANDA

Het model is getest met artificiële data van een gesimuleerde miltvuurbesmetting en met data van Eerste Hulp afdelingen van verschillende ziekenhuizen. De resultaten op het gebied van detectie en snelheid zijn volgens de auteurs bemoedigend.

De lagen G en I uit het miltvuur netwerk kunnen tezamen gezien worden als een oorzakelijke laag in het netwerk. Ze beïnvloeden de a priori kans op een besmetting met miltvuur in de persoonsmodellen. Voor de uitbreiding van het varkenspestnetwerk maken we een vergelijkbare stap met het definiëren van een categorie van oorzakelijke variabelen op stapelniveau. Oorzakelijke variabelen zijn variabelen die de kansverhouding tussen een primaire andere infectie en varkenspest beïnvloeden. Voor deze oorzakelijke variabelen definiëren we voorts een basispatroon waarin beschreven is dat deze variabelen uitgaande pijlen hebben naar het varkenspestnetwerk voor een individueel dier.

In tegenstelling tot het PANDA netwerk zal het varkenspestnetwerk op stapelniveau niet alle individuen kunnen modelleren. De eerste reden hiervoor is dat het aantal dieren waarover geredeneerd wordt niet vast staat als gevolg van de variatie in stapelgrootte bij de verschillende varkensbedrijven. Bovendien onderzoeken dierenartsen bij een probleembezoek slechts enkele dieren in meer detail. Het is dus niet mogelijk en ook niet wenselijk

waarnemingen van alle dieren in een netwerk in te voeren. Een probleem dat hierbij ontstaat, is dat er met gegevens van slechts een deel van de varkens over de hele stapel geredeneerd wordt. Het deel van de varkens dat geselecteerd wordt voor nader onderzoek wordt gekozen op basis van een ziektebeeld dat ze vertonen en zal waarschijnlijk niet representatief zijn voor de hele stapel. Dit kan de nauwkeurigheid van de uitkomsten uit het netwerk beïnvloeden. We verwachten echter geen problemen voor het uiteindelijke netwerk, omdat ook de experts redeneren met een kleine groep dieren voor de diagnose van de stapel.

Een ander belangrijk verschil is dat de klassieke varkenspest een voor varkens onderling besmettelijke ziekte is. Mensen kunnen elkaar niet met miltvuur besmetten waardoor de persoonsnetwerken in het PANDA netwerk van elkaar gescheiden kunnen blijven. De verschillende varkens in het varkenspestnetwerk op stapelniveau zullen in de uiteindelijke versie van het varkenspestnetwerk wel een directe probabilistische invloed op elkaar moeten uitoefenen. Hiervoor zal in kaart moeten worden gebracht hoe de besmetting tussen de dieren verloopt.

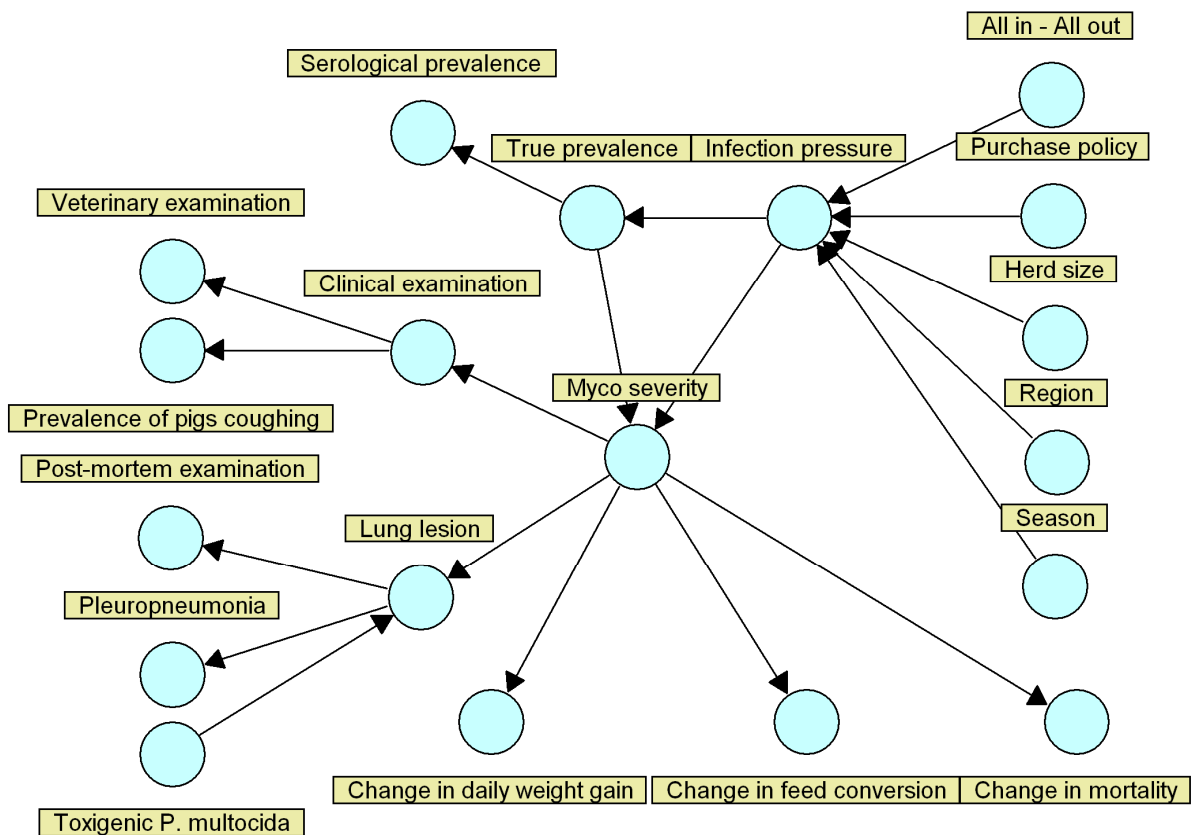
3.1.2 Mycoplasma netwerk

In [Otto et al., 2004] is een probabilistisch netwerk beschreven waarmee de ernst van een besmetting met de *Mycoplasma hyopneumoniae* bacterie in een stapel varkens kan worden vastgesteld. De *Mycoplasma hyopneumoniae* bacterie is een bekende veroorzaker van Porcine Enzootic Pneumonia, een besmettelijke en chronische ziekte. Het grote probleem van deze ziekte voor de varkensindustrie is de aanzienlijke afname van het groeigewicht van een varken. De graad van de besmetting heeft daarom een negatieve invloed op het productievermogen van de stapel. Het netwerk zal worden gebruikt in een beslissingsondersteunend systeem waarmee de consequenties van de verschillende mogelijke beslissingen kunnen worden berekend. Aangezien de bacterie in bijna elke varkensstapel aanwezig is, gaat het hier om het vaststellen van de ernst van infectie; de auteurs erkennen dat het niet geschikt is voor een acute uitbraak.

Het netwerk bestaat alleen uit variabelen met waarden op bedrijfsniveau. De kenmerken en de ernst van de besmetting zijn dus niet op het niveau van individuele varkens gemodelleerd. In figuur 3.2 is de grafische structuur van het netwerk weergegeven. De knoop waar het om gaat is *Myco severity*. Deze knoop wordt direct probabilistisch beïnvloed door de knopen *Infection pressure* en *True prevalence*, welke de infectiedruk en het daadwerkelijke aantal aanwezige geïnfecteerde varkens in de stapel modelleren. *Infection pressure* wordt beïnvloed door de variabelen die de belangrijkste risicofactoren zijn voor een hoge *Mycoplasma* besmetting. Het model is gebaseerd op gepubliceerde resultaten uit de literatuur en is nog niet getest met data.

Het is niet wenselijk dat het varkenspestnetwerk alleen variabelen op stapelniveau gaat bevatten zoals het *Mycoplasma* netwerk, omdat de diagnose van enkele individuele varkens een belangrijk onderdeel is in de diagnose van de stapel. De individuele diagnoses dragen derhalve bij aan de totale diagnose. Bovendien kunnen de symptomen die van belang zijn voor de diagnose van varkenspest niet op stapelniveau worden waargenomen, omdat ze over het algemeen niet voor elk dier in de stapel gelden. Het is ook in grote mate van belang welke combinatie van symptomen bij een varken worden waargenomen. De combinatie van waargenomen symptomen x en y bij verschillende varkens in de stapel zegt minder over de mogelijke aanwezigheid van varkenspest dan de combinatie van symptomen x en y in één varken.

Het mycoplasma netwerk heeft enkele overeenkomsten met de eerste stap die we maken voor het uitbreiden van het huidige varkenspestnetwerk naar stapelniveau. Zo zijn er in het netwerk variabelen die een symptoom zijn van de ernst van een mycoplasma besmetting, zoals bijvoorbeeld *Change in mortality*. De knoop *Change in mortality* heeft in het mycoplasma netwerk een inkomende pijl uit de knoop *Myco severity*. Ook uit de interviews met onze experts is gebleken dat een verandering in sterfte van belang is in het diagnostisch proces. Zoals in paragraaf 5.2 wordt beschreven, hebben we een categorie symptomatische variabelen en een basispatroon voor het toevoegen van dergelijke variabelen gedefinieerd die mede hierdoor zijn geïnspireerd. In het basispatroon voor het toevoegen van symptomatische variabelen krijgen de symptomatische variabelen een inkomende pijl vanuit de variabele waardoor ze worden veroorzaakt net zoals in het Mycoplasma netwerk.



Figuur 3.2: De grafische structuur van het Mycoplasma netwerk

3.2 Object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken

Ondanks grote successen zijn Bayesiaanse netwerken niet geschikt voor een algehele kennisrepresentatie in grote en complexe domeinen [Mahoney & Laskey, 1996]. Het maken van een Bayesiaanse netwerk is arbeidsintensief handwerk, waarin hergebruik is beperkt tot het kopiëren en plakken van netwerkfragmenten. In de context van object-georiënteerde programmeertalen zijn deze moeilijkheden opgelost, voornamelijk door de introductie van abstracte datatypen. Door gebruik van onderling gerelateerde objecten zijn object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken (OBN's), zoals voorgesteld door Koller & Pfeffer, beter geschikt om complexe domeinen te beschrijven [Koller & Pfeffer, 1997]. De objecten

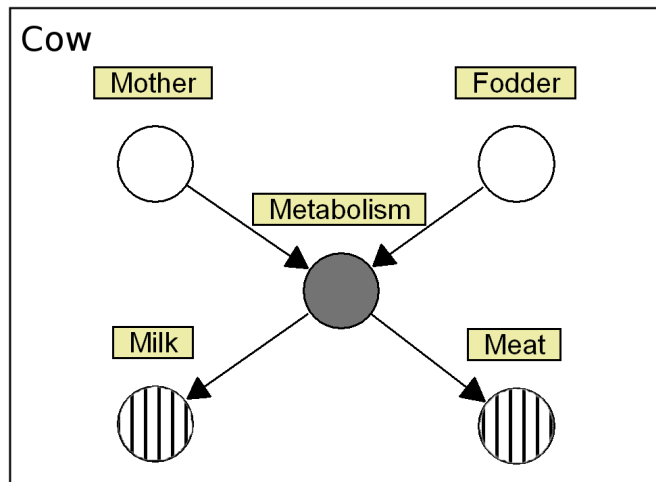
in een OOBN zijn op zichzelf staande Bayesiaanse netwerken die op hun beurt objecten kunnen bevatten en verbonden kunnen worden met andere objecten. Net zoals in objectgeoriënteerde programmeertalen worden er classes gedefinieerd waardoor hergebruik van objecten kan plaatsvinden. Ook bieden de classes de mogelijkheid tot het maken van subclasses, waarin de algemene eigenschappen van een object de basis zijn voor een speciale versie van het object.

Het basiselement van een OOBN is een object. Het meest simpele object is een standaard variabele zoals in normale Bayesiaanse netwerken. De variabele heeft, zoals gebruikelijk, een kansstabel met daarin de conditionele kansverdeling. Daarnaast zijn er complexere objecten. Zo'n object heeft een verzameling attributen, welke vergelijkbaar zijn met variabelen in een normaal Bayesiaans netwerk. De conditionele kansverdelingen van de attributen en de pijlen tussen de attributen definiëren de kansverdeling van het object. De waarde van een object is een toekenning van waarden aan alle attributen van het object.

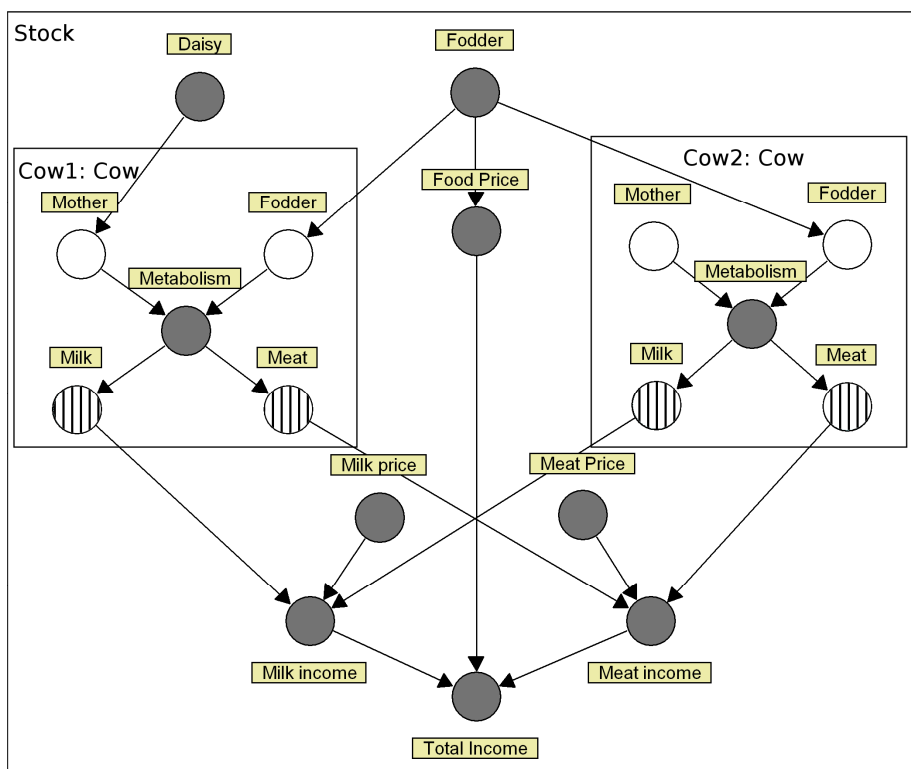
Een object bevat drie soorten attributen: invoer attributen, uitvoer attributen en ingekapselde attributen. De invoer attributen zijn de parameters voor het object. Hun waarde beïnvloedt de waarden van de ingekapselde en uitvoer attributen. Invoer attributen zijn een verwijzing naar een attribuut buiten het object zelf. De ingekapselde en uitvoer attributen zijn onderdeel van de specificatie van het object zelf. De ingekapselde attributen zijn niet zichtbaar voor de rest van het model. De uitvoer attributen zijn dat wel en kunnen verbonden worden met de invoer attributen van een ander object waardoor de waarde van het uitvoer attribuut als invoer van het verbonden object geldt.

Met OOBN's is het mogelijk te generaliseren over meerdere objecten door classes van objecten te definiëren. De beschrijving van de interne details van een class door een class interface maakt de class tot een library die in een netwerk kan worden geïmporteerd. Daarnaast kunnen classes de basis zijn voor een subclass waarin enkele aanpassingen zijn gedaan en/of waaraan is toegevoegd. Als voorbeeld een class die een varken modelleert: hiervan kan een subclass worden gemaakt die een specifiek soort varken modelleert, bijvoorbeeld een zeug. Aan de subclass worden dan enkele eigenschappen toegevoegd of gewijzigd, maar een groot deel wordt hergebruikt. Wanneer het gebruik van een bepaalde class nodig is, kan een instantie van de class in het OOBN worden gecreëerd. In een OOBN zijn de interne onderdelen van een object omhuld door het object. Dit heeft als gevolg dat de ingekapselde attributen van het object ge-d-separeerd zijn van de rest van het netwerk gegeven de invoer en uitvoer van het object.

In figuur 3.3 is als voorbeeld de class *Cow* weergegeven, overgenomen uit [Bangsø et al., 2003]. In de class *Cow* is een simpele representatie van een koe gegeven. De uitvoer attributen zijn *Meat* en *Milk*. De witte knopen *Mother* en *Fodder* zijn de invoer attributen van het object. De class *Stock* is een klein model voor het inkomen van een boer met twee koeien. Hierin is de class *Cow* in twee instanties opgenomen. In figuur 3.4 is de class *Stock* weergegeven en hoe de invoer attributen van de class *Cow* een inkomende pijl krijgen. Overigens is een inkomende pijl voor een invoer attribuut niet verplicht zoals te zien aan de knoop *Cow2.Mother*.



Figuur 3.3: De class Cow



Figuur 3.4: De class Stock

Efficiënte inferentie in OOBN's is mogelijk door de organisatiestructuur in het netwerk te benutten. De meeste attributen in een OOBN zullen over het algemeen ingekapseld zijn. Het inferentiealgoritme benut het feit dat er slechts enkele attributen een verdergaande invloed hebben. Inferentie blijft dus in eerste instantie beperkt tot het object zelf.

De belangrijkste voordelen van object-georiënteerde Bayesiaanse netwerken betreffen het organiseren en structureren van de gerepresenteerde kennis. Het ontwikkelen van een OOBN forceert een kennis-ingenieur om op een hoog abstractieniveau na te denken: zo zou in het geval van het varkenspestnetwerk op stapelniveau eerst op het niveau van een varkensobject kunnen worden geredeneerd. Hierdoor kan eerst worden bekeken hoe het varkensobject past binnen de totale structuur van het OOBN en hoe de interactie met andere objecten, zoals

bijvoorbeeld andere varkensobjecten of een stalobject, moet verlopen. Het is pas later van belang hoe de ingekapselde attributen van het varkensobject moeten worden ingevuld.

Voor het varkenspestnetwerk op stapelniveau kunnen de verschillende onderzochte varkens uit de probleemstal worden gemodelleerd door hergebruik van een varkensobject *Varken*. Het is daarbij mogelijk om subclasses van de class *Varken* te definiëren waarin de verschillende soorten varkens, zoals vleesvarkens, zeugen en biggen worden gemodelleerd. Dit is nu opgelost met een knoop *Type varken* en een constructie waarin bepaalde knopen die van toepassing zijn op zeugen de waarde *niet van toepassing* kunnen krijgen in het geval van niet-zeugen [Geenen & Van der Gaag, 2005]. Als in een OOBN in de class *Varken* een verandering moet worden doorgevoerd, zal deze verandering automatisch voor alle soorten varkens doorgevoerd zijn. Op stapelniveau zullen de varkensobjecten waarschijnlijk georganiseerd zijn in een object *Probleemstal*. Dit object kan verder onderdeel zijn van een bedrijfsobject waarin zich meerdere stallen bevinden.

Hoewel OOBN's enkele duidelijke voordelen hebben, is een belangrijk nadeel dat ze niet in staat zijn om op een efficiënte manier om te gaan met onzekerheid over het aantal objecten. In relatie tot het varkenspestnetwerk op stapelniveau betekent dit dat het niet mogelijk is om het aantal varkens in het netwerk dynamisch naar behoefte aan te passen. Dit betekent dat een implementatie van het varkenspestnetwerk op stapelniveau als een OOBN altijd een zelfde aantal varkens zal bevatten.

Een uitbreiding van het huidige raamwerk van OOBN's met een dynamische component waarin het aantal objecten, bijvoorbeeld het aantal varkensobjecten, varieert is vrij complex. Deze verandering betekent voor het OOBN namelijk dat het verandert naar een netwerk met een andere structuur tijdens het gebruik van het netwerk. Bovendien moet dan voor elke versie van het OOBN gecontroleerd worden of het correct is.

4. Kennisvergaring

Om inzicht te krijgen in het proces van het diagnosticeren van een ernstig klinisch probleem bij een varkensbedrijf door een dierenarts, was het nodig om een proces van kennisvergaring op gang te brengen. De kennis die we naar boven wilden halen was vooral gericht op het redeneren op stapelniveau in verhouding tot de diagnose van een individueel dier. Voor het maken van het netwerk voor het individuele dier was al veel kennis vergaard over klassieke varkenspest en de ziekteverschijnselen bij een individueel dier [Geenen & Van der Gaag, 2005]. Maar omdat varkenspest een besmettelijke ziekte is en varkens in groepen gehouden worden, was het belangrijk meer inzicht te krijgen in het redeneren op stapelniveau. We wilden vooral weten welke methoden en variabelen een dierenarts hierbij gebruikt. Deze informatie wilden we gaan gebruiken voor de uitbreiding van het huidige netwerk.

Naast een literatuuronderzoek naar vergelijkbare Bayesiaanse netwerken die een besmettelijke ziekte in een groep modelleren (zie paragraaf 3.1) wilden we enkele experts uit het vakgebied raadplegen. Voor het vergaren van kennis over het oplossen van een probleem zijn verschillende methoden beschikbaar, waaronder observatie, interviews en hardop denken. We hebben gekozen voor interviews, omdat deze methode van kennisvergaring veel wordt gebruikt en vaak goede resultaten oplevert [Sent et al., 2005]. Interviews kunnen mondeling of schriftelijk met een vragenlijst worden gedaan. Daarnaast kan het interview gestructureerd of ongestructureerd zijn. Voor een ongestructureerd interview worden vaak open vragen voorbereid over vooraf gekozen onderwerpen. De precieze vraagstelling en de vraagvolgorde staan echter niet vast. Deze vorm van interviews lijkt het meest op een normaal gesprek over een van tevoren bepaald onderwerp. Dit houdt ook in dat het verloop en het daadwerkelijk stellen van een vraag afhankelijk zijn van het natuurlijke verloop van het interview. Een ongestructureerd interview leidt meestal tot een verbeterd inzicht in het kennisdomein en de verschillende redeneerstappen die worden gedaan.

Een gestructureerd interview wordt daarentegen gebruikt voor verdere verduidelijking met gesloten vragen. Er wordt gericht gevraagd om de structuur van het kennisdomein te verduidelijken en wordt er meer ingezoomd op de details van redeneerstappen.

We hebben in totaal twee interviews afgenomen. In het eerste interview wilden we met een stel algemene vragen meer inzicht krijgen in de handelwijze van een dierenarts. Als opzet voor het eerste interview hebben we gekozen voor een ongestructureerd mondeling interview. Hierna wilden we in een tweede interview onduidelijkheden die overbleven en opvielen naar aanleiding van het eerste interview ophelderen. Als opzet voor het tweede interview is er gekozen voor een gestructureerd interview.

4.1 Eerste interview

4.1.1 Doel

Het doel van het eerste interview was om globaal inzicht te krijgen in het diagnostisch proces van een dierenarts bij een bezoek aan een varkensbedrijf met een acuut klinisch probleem en in hoe de arts komt tot de beslissing van het melden van varkenspest. De kern hierbij was hoe informatie over de stapel in dit diagnostisch proces wordt gebruikt.

4.1.2 Methode

Voor het interview hebben we een aantal open vragen voorbereid die gebruikt zouden worden tijdens het interviewen. Deze vragen dienden slechts als leidraad: het was de bedoeling om de geïnterviewde dierenartsen zoveel mogelijk aan het woord te laten en de antwoorden niet te beïnvloeden. Slechts bij onduidelijkheden zouden we om een toelichting vragen. Hierdoor zouden de latere vragen van de lijst dus al eerder beantwoord kunnen worden. De onderstaande volgorde van de vragen is gebaseerd op onze verwachtingen van hoe het diagnostisch proces verloopt.

De vooraf bedachte vragen hebben we ingedeeld in drie categorieën: context, diagnose en beslissing. In de categorie context vallen vragen die gericht zijn op het vaststellen van hoe enkele praktische aspecten van een bezoek aan een varkensbedrijf verlopen. Een voorbeeld:

- Hebt u informatie over het verleden van het bedrijf tot uw beschikking?

In de categorie diagnose vallen vragen die gericht zijn op het diagnostisch proces bij het vaststellen van varkenspest bij meerdere dieren. We wilden met deze vragen meer inzicht krijgen in het redeneren over een groep varkens in relatie tot het redeneren over een enkel dier en andersom. Enkele voorbeelden:

- Wat zijn de eerste zaken waar u op let bij het binnenlopen van een stal?

- Welke varkens onderzoekt u als eerste? Op basis van welke criteria selecteert u deze varkens?

- Op welke momenten betreft u informatie over de hele stapel in het formuleren van een diagnose?

In de categorie beslissing vallen vragen die gericht zijn op het afhandelen van de diagnose. Het gaat er ons bij deze vragen om welke mogelijkheden er zijn bij varkenspest en welke factoren van invloed zijn op de beslissing. Andere diagnoses dan klassieke varkenspest zijn voor ons werk niet interessant. Een voorbeeld:

- Welke factoren laat u meewegen in het nemen van de beslissing?

Het eerste interview is gehouden met dierenartsen Arie van Nes en Suzanne Robben. Ze zijn werkzaam bij de Faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht. De twee dierenartsen zijn naast docent ook werkzaam als dierenarts in de buitenpraktijk van de Faculteit Diergeneeskunde. De buitenpraktijk bestaat uit een aantal bedrijven uit de regio die regelmatig bezocht worden door dierenartsen van de universiteit. Ook bij een melding van een ernstig klinisch probleem zullen de dierenartsen het bedrijf bezoeken.

De hoofdinterviewer was de auteur van deze scriptie. Het was zijn taak om de vragen te stellen en te zorgen dat het interview on-topic bleef. De tweede interviewer was Linda van der Gaag (hoogleraar Beslissingsondersteunende Systemen, Universiteit Utrecht), haar taak was het maken van notulen. De derde interviewer was Armin Elbers (senior epidemioloog, Centraal Instituut voor Dierziekte Controle, Lelystad). Het interview is opgenomen om naderhand alle details te kunnen uitwerken.

4.1.3 Resultaten

Context

De dierenartsen hebben de beschikking over een dossier waarin precies is bijgehouden wat er tijdens voorgaande bezoeken van het betreffende bedrijf is gebeurd. Vaak kennen ze de bedrijven en varkenshouders ook van eerdere bezoeken. De normale sterfte- en ziektecijfers zijn van elk bedrijf bekend.

Diagnose

De varkenshouder zal een ernstig klinisch probleem melden zodra het gaat om een probleem met meerdere dieren dat niet verbetert na een behandeling die hij meestal zelf zal hebben ingesteld. Wanneer hij belt is afhankelijk van het aantal dode dieren. Er is een duidelijk verschil tussen het diagnostisch proces bij een routinebezoek en bij een ernstig klinisch probleem. Bij het routineonderzoek, dat in volgorde van jonge naar oudere dieren verloopt en een langere tijd kan kosten, zullen problemen gediagnosticeerd worden zodra de dierenarts ze aantreft. In het geval van een ernstig klinisch probleem zal gezocht worden naar het specifieke probleem en zal het bezoek meestal van korte duur zijn. Niet alle dieren worden hierbij bekeken, tenzij er een probleem met meerdere dieren is dat daar om vraagt.

Bij een probleembezoek worden er altijd dieren onderzocht. Een onderzoek bestaat eerst uit observatie van de groep dieren die ziekteverschijnselen vertonen. Hierin wordt gezocht naar de dieren die vragen oproepen, die gerelateerd zijn aan de reden van de komst van de dierenarts naar het bedrijf. Hierna wordt een hands-on onderzoek uitgevoerd op enkele dieren die geselecteerd zijn op basis van de hiervoor genoemde criteria. Hierbij wordt bijvoorbeeld de temperatuur gemeten. Het resultaat van het onderzoek van het eerste dier wordt niet als basis genomen voor de selectie van een volgend varken. Er wordt gewerkt met een probleemdefinitie: welke problemen zijn er in het bedrijf op basis van wat de varkenshouder heeft beschreven en de dierenarts heeft waargenomen. Op basis van deze probleemdefinitie wordt een aantal varkens onderzocht. Elk varken wordt dus geselecteerd op basis van dezelfde criteria. Er worden gemiddeld 3 tot 5 varkens individueel onderzocht. Een individueel onderzoek kost ongeveer 3 minuten en het totale onderzoek ongeveer 15 minuten. Het aantal onderzochte varkens is afhankelijk van hoe het beeld en de probleemdefinitie zich ontwikkelen. Als 3 varkens een zelfde beeld opleveren dan is onderzoek van een vierde niet nodig. Als de probleemdefinitie moet worden aangepast als gevolg van de individuele onderzoeken, dan vindt een vervolgonderzoek meestal plaats op enkele dieren die voor sectie worden meegenomen.

Bij het stellen van een diagnose bij een ernstig klinisch probleem is het beeld van de koppel erg belangrijk. De koppel is een combinatie van alle factoren die relevant zijn voor diagnose, waarbij de focus op de dieren ligt. Dit beeld wordt bepaald door onder andere de volgende factoren:

- Opname van voer en water. De dieren worden soms per hok in de stal gevoederd en er is dus niet direct vast te stellen hoe het is gesteld met de eetlust van een enkel dier. Aan de bakken is dan te zien of de varkens een normale of verminderde eetlust hebben. Ook wordt gekeken of de varkens een normale hoeveelheid water opnemen. Hierbij is het mogelijk dat de lust om te drinken afwijkt.
- Varkens die afwijken van de rest. Een varken dat afwijkt van de rest kan een indicator zijn voor wat het klinisch probleem is. Het gaat dan om de onder andere de volgende eigenschappen:
 - Grootte

- Alertheid
- Rare afwijkingen
- Hoesten
- Magerheid
- Sloomheid
- Bleek zien
- Benauwdheid
- Vlekken
- De stalindeling. Het overzicht van de dierenarts wordt mede bepaald door de stalindeling. De stalindeling is afhankelijk van de leeftijd van de dieren. De moeder zit in een box met de allerjongste biggen eromheen. De wat oudere biggen worden gespeend en gaan in aparte hokken. Hoeveel dieren er bij elkaar zitten is afhankelijk van het bedrijf. Bij vleesvarkens zitten er meestal 10 tot 15 dieren in een hok.

Een initiële waarschijnlijkheidsdiagnose, de waarschijnlijke oorzaak van het ernstig klinisch probleem, wordt al gemaakt zodra het klinische probleem gemeld is. Ook de historie van het bedrijf is al van invloed op de diagnose. Met alle informatie die er bij elke stap bijkomt wordt deze waarschijnlijkheidsdiagnose mogelijk aangepast. Informatie over de stapel wordt continu gebruikt voor het formuleren en aanpassen van de diagnose. De diagnose van het individuele dier staat in dienst van de diagnose van de stapel. Het dier wordt gebruikt als indicator van de koppel.

Beslissing

Bij een verdenking van varkenspest kan een collega gebeld worden voor een second opinion. De andere keuze is om direct de Voedsel en Waren Autoriteit te bellen en een melding van varkenspest te doen. Het klinisch beeld dat bij het bezoek wordt aangetroffen is de belangrijkste factor voor het komen tot een beslissing. De ligging van het bedrijf speelt hierin geen rol. Als een verdenking van varkenspest is gemeld krijgen de dierenartsen achteraf niet te horen wat de oorzaak van het ziektebeeld was; er wordt hen slechts gemeld of het wel of geen varkenspest was.

4.1.4 Discussie

Het eerste interview met de experts heeft bijzonder veel informatie opgeleverd over de situatie waarin de dierenartsen moeten diagnosticeren, de gegevens waarover ze beschikking hebben en hun handelwijzen. Het werd echter niet duidelijk welke informatie nu precies bij de diagnose van de stapel gebruikt wordt. Zo werd niet duidelijk welke variabelen specifiek een grote rol spelen in het vaststellen van klassieke varkenspest. Er werd bovendien de indruk gewekt dat de artsen op basis van de eerste melding al direct een bepaalde diagnose stelden en deze met het onderzoek in het bedrijf probeerden te bevestigen. Dit viel op, omdat we verwacht hadden dat de diagnose pas gaandeweg geformuleerd zou worden. Van te voren dachten we ook dat elke individueel onderzocht varken het verdere onderzoek zou sturen. Door deze verschillen en ook door enkele andere onduidelijkheden, kregen we het vermoeden dat sommige redeneerstappen niet expliciet waren gemaakt in het interview.

4.2 Tweede interview

4.2.1 Doel

Het doel van het tweede interview was om onduidelijkheden en hiaten uit het eerste interview op te helderen. Het plan was om tijdens het tweede interview onze experts enkele zelfgemaakte concrete casussen voor te leggen. Zoals beschreven in [Sent et al., 2005] sluiten concrete casussen goed aan bij het probleemoplossen zoals experts dat in de praktijk doen. In een gecontroleerde omgeving kan dan waargenomen worden hoe de experts in de praktijk te werk gaan. Deze gestructureerde aanpak zou helpen om zeker te weten dat we de informatie krijgen waarvan we denken dat we die missen of onvolledig hebben.

4.2.2 Methode

Zoals bleek in de discussie van het eerste interview hierboven bleven veel denkstappen in het redeneren van de dierenartsen impliciet en daarom voor ons verborgen. Hierdoor hadden we niet het vertrouwen om zelf een aantal realistische casussen te kunnen ontwerpen.

Om de impliciete denkstappen in het redeneerproces naar boven te krijgen hebben we de senior van de twee experts gevraagd een concrete casus te maken van een varkensbedrijf met een ernstig klinisch probleem. De andere expert, hierna diagnosesteller genoemd, zou dan bij dit bedrijf worden geroepen om het probleem te diagnosticeren. Bij het verzoek aan de senior expert hebben we gevraagd om een casus die bestond uit de volgende onderdelen:

- een bedrijfsdossier, mogelijk een geanonimiseerd en aangepast dossier van een bedrijf in de buitenpraktijk van de dierenartsen
- een omschrijving van de inrichting en de varkensstapel van het bedrijf
- een melding van een klinisch probleem van de varkenshouder van het bedrijf
- een beschrijving van een aantal varkens die de diagnosesteller nader zou kunnen onderzoeken

Voor het op een realistische manier doorlopen van een casus tijdens het tweede interview hebben we een techniek gebruikt waarbij de redeneerprocessen ondersteund worden met behulp van kaartjes. Met deze techniek, ook wel vignettering genoemd [Sent et al., 2005], hebben we de casus gemodelleerd op enkele papieren vignetten, waarop de eigenschappen van het betreffende varkensbedrijf zijn vermeld. De vignetten bieden een compacte en gestructureerde manier om informatie te presenteren.

Bij het begin van het interview krijgt de diagnosesteller als eerste een kaartje met de melding van de varkenshouder overhandigd waarna ze met behulp van hardop denken het diagnostisch proces gaat doorlopen. Ze heeft de mogelijkheid ons om informatie te vragen die ze nodig heeft voor het redeneren. Zodra ze een verzoek doet voor informatie over een bepaald aspect van de casus, overhandigen wij haar het kaartje met de informatie waar ze om vraagt. De kaartjes met informatie waar ze niet om vraagt overhandigen we niet. Als er gevraagd wordt om informatie die niet op de voorbereide kaartjes staat, dan geven we die informatie mondeling, eventueel na overleg met de expert die de casus heeft gemaakt, waarna de diagnosesteller gevraagd wordt deze informatie op een van de bestaande kaartjes te schrijven, of op een van de blanco kaartjes die we aan haar geven. De diagnosesteller krijgt ook het verzoek om eventuele andere aantekeningen op de kaartjes te schrijven.

De casus zoals die door de eerste dierenarts is voorbereid is de volgende:

Op dag x belt de varkenshouder van het bedrijf met als klacht:

Sinds gisterenochtend zijn er problemen. Op een afdeling met 80 vleesvarkens hebben de dieren slecht gegeten. Er zijn 14 dieren doodgegaan, veel met bloederig schuim uit de neus.

Het dossier van het bedrijf bevat de volgende informatie:

Het bedrijf bevat 120 zeugen en 750 vleesvarkens. De zeugen zijn driemaal ingeënt tegen Aujeszky en hebben inentingen tegen vlekziekte en coli gehad. De vleesvarkens hebben een inenting tegen Aujeszky gehad.

De eerste indruk van de probleemstal is de volgende:

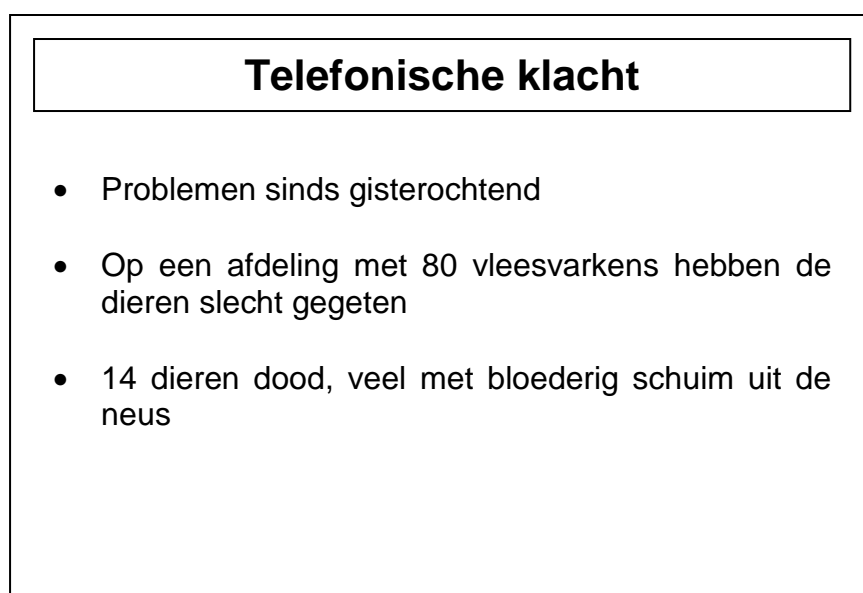
De dieren ogen ernstig ziek en een aantal ligt dood te gaan.

De boer vertelt het volgende verhaal:

Een paar dagen ervoor waren ook de dieren op twee andere afdelingen sloom en slecht etend. Hij heeft Oxytetra (een antibioticum) over het voer gedaan en dat hielp wel: de dieren knapten aardig op, maar hoesten nog wel. Op die andere afdelingen zijn geen dieren gestorven.

Naast deze beschrijving heeft de eerste dierenarts beschrijvingen gemaakt van vijf varkens, die bij het doorlopen van de casus op te vragen zijn voor individueel onderzoek.

Als voorbeelden staan hieronder twee kaartjes, in figuur 4.1 een kaartje met de probleembeschrijving en in figuur 4.2 een kaartje met de beschrijving van een varken. Een totaaloverzicht van de gemaakte kaartjes is in de appendix te vinden.



Figuur 4.1: Kaartje met de telefonische klacht van de varkenshouder

Varken	
Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Ja
Aanslaan behandeling	Onbekend
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Ja
Eetlust	Verminderd
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Figuur 4.2: Kaartje met de beschrijving van een varken

Het tweede interview is wederom gehouden met dierenartsen Arie van Nes en Suzanne Robben. De hoofdinterviewer was de auteur van deze scriptie. Het was zijn taak om de vragen te stellen en te zorgen dat het interview on-topic bleef. De tweede interviewer was Linda van der Gaag (hoogleraar Beslissingsondersteunende Systemen, Universiteit Utrecht), haar taak was het maken van notulen. De derde interviewer was Silja Renooij (universitair docent Beslissingsondersteunende Systemen, Universiteit Utrecht), ook zij notuleerde. Het interview is tevens opgenomen om hiermee naderhand alle details te kunnen uitwerken.

4.2.3 Resultaten

Nu volgt eerst het verloop van de casus. Deze wordt gevolgd door antwoorden op enkele vragen naar aanleiding hiervan.

Na het overleggen van het kaartje met de telefonische klacht vraagt de diagnosesteller naar de grootte van het bedrijf. Na het overleggen van het kaartje met daarop enkele gegevens uit het dossier van het varkensbedrijf vraagt ze eerst naar eerdere regelmatige ziekteproblemen op het bedrijf. We geven haar met hulp van de casusbedenker de gevraagde historische informatie uit het bedrijfsdossier die ze vervolgens op het kaartje “Dossier varkensbedrijf” schrijft.

Hierna vraagt ze of er op de afdeling meerdere dieren met ziekteverschijnselen zijn. We geven haar het kaartje met de eerste indruk van de probleemstal. Ze vraagt hierop of de zieke dieren koorts hebben. We bieden haar hierop de mogelijkheid om een dier te onderzoeken of met de boer te praten. Ze wil in deze fase eerst met de boer spreken.

Ze vraagt naar aanleiding van het kaartje met het verhaal van de boer of de dieren op de andere afdelingen ook hoesten en dit wordt bevestigd. Na een korte bedenktijd vraagt ze of de dieren die een beetje zijn opgeknapt nog hoesten. Ze krijgt als antwoord dat de dieren niet meer hoesten. Ze wil ook weten of ze injecties hebben gehad. De dieren hebben dat niet. Hierna wil de diagnosesteller weten of de boer op de probleemafdeling al dieren heeft behandeld door Oxytetra over het voer te strooien. We overhandigen het kaartje “Voeding” met de gevraagde informatie. Hierop probeert ze het tijdsverloop te bevestigen. We bevestigen dat de dieren sinds gisterochtend ziek zijn en de boer gisteren Oxytetra over het voer heeft gedaan. Verder bevestigen we dat de dieren vannacht doodgegaan zijn en dat er gisteren geen dieren injecties hebben gehad.

Hierna wil ze een varken uit de probleemstal onderzoeken en we overhandigen haar hierop één willekeurig varken van de vijf gemaakte varkenskaartjes. Na het onderzoeken van het varken vraagt de diagnosesteller hoeveel dieren er per hok zijn en uit welke hokken de dode dieren komen. De casusbedenker antwoordt hierop dat het kleine groepen zijn van 8 dieren per hok. Om het beeld van de probleemstal te verduidelijken overhandigen we het kaartje “Probleemstal” met de beschrijving van deze stal. Naar aanleiding van de omschrijving van de probleemstal wil ze weten hoe de dieren gevoerd worden. Ze krijgen brij. Hierna wil ze weten op welk moment de boer Oxytetra over het voer doet. Dat gebeurt bij het uitdoseren van het voer. Het antwoord op deze twee vragen schrijft ze op het kaartje van de probleemstal. De diagnosesteller gaat nu terug naar het eerste varken en merkt op dat het koorts heeft. Omdat ze wil weten of de andere varkens hetzelfde beeld vertonen vraagt ze om een tweede varken. We overhandigen een volgend varkenskaartje. Ze merkt op dat het een kopie van het eerste varken is en vraagt om een derde varken. Na het bekijken van het derde varken wil de diagnosesteller weten waarom het varken geen antibioticumbehandeling heeft gehad en of het dan uit een andere afdeling komt. We zeggen dat het een varken uit de probleemstal is en niet van een andere afdeling komt. Hierop vraagt ze hoeveel hokken er behandeld zijn. De casusbedenker zegt dat de helft van de zieke dieren zijn behandeld. Deze opmerkingen schrijft de diagnosesteller op het voedingskaartje. Ze geeft aan dat de volgende stap het tappen van bloedmonsters is en dat hiermee het onderzoek voorbij is.

We vragen aan de diagnosesteller wat de diagnose is en op basis van welke symptomen. Ze denkt aan APP (Actinobacillus Pleuropneumoniae, een ziekte die de longen ernstig aantast) op basis van: veel uitval, koorts, respiratoire problemen, bloederig schuim uit de neus en een snel verloop van de ziekte. Op de vraag of klassieke varkenspest ook in de differentiaaldiagnose voorkomt antwoordt ze bevestigend. Dit komt door de hoge uitval en het feit dat eigenlijk alle symptomen bij klassieke varkenspest een rol kunnen spelen, dus

deze ook. Ze heeft daarentegen toch voor de diagnose APP gekozen vanwege het bloederige schuim en omdat er verder alleen respiratoire problemen zijn die er een paar maanden geleden ook waren.

Na het vaststellen van de diagnose vragen we de diagnosesteller om een paar redeneerstappen toe te lichten:

Waarom had u aan drie varkens genoeg?

Op het moment dat de telefonische klacht binnenkomt denkt de diagnosesteller al vrij snel in de richting van APP. Alles wat erbij komt past in de richting van APP.

En na het zien van de drie beschrijvingen had u genoeg zekerheid om te zeggen dat het waarschijnlijk APP is?

Op basis van de eerste twee eigenlijk, de derde had de diagnosesteller waarschijnlijk niet onderzocht, omdat het dier niet ziek genoeg was.

Helemaal in het begin vraagt u naar eerdere ziekteproblemen op het bedrijf?

Daar doet de diagnosesteller niks mee. Het is leuke informatie, maar bij vleesvarkens heeft ze daar niets aan. Het ging haar eigenlijk om het vele hoesten, daar had ze ook gericht naar kunnen vragen.

Hoe neemt u dat hoesten mee in uw diagnose?

Het hoesten past in het beeld, zijn er klimaatproblemen op het bedrijf of vaker luchtwegproblemen.

U heeft een paar vragen over de medicatie gesteld, in hoeverre speelt dat een rol in de diagnose?

Geen eigenlijk. Je wilt weten wat ze gehad hebben, omdat het de symptomen die de diagnosesteller kan waarnemen kan beïnvloeden. Omdat ze het gister gehad hebben, verwacht de diagnosesteller er weinig van te zien. Maar als het een week geleden zou zijn, dan zou het wat ze aan het varken kan zien kunnen maskeren.

4.2.4 Discussie

Het is opvallend dat het vermoeden dat ontstond naar aanleiding van het eerste interview wordt bevestigd: de experts maken op basis van de melding een waarschijnlijkheidsdiagnose en proberen vervolgens in het diagnostisch proces deze waarschijnlijkheidsdiagnose te bevestigen.

Dierenartsen redeneren niet over het individuele dier. Een onderzoek van een individueel dier is dan ook slechts een instrument voor het redeneren over de stapel. Bij het redeneren op stapelniveau wordt gebruik gemaakt van het totaalbeeld van omgeving en dieren, de koppel. De dieren die afwijken van de groep vallen op en worden eventueel onderzocht. Er worden meestal enkele dieren onderzocht bij een probleembezoek. Het is niet zo dat de onderzochte dieren de richting van het verdere onderzoek bepalen. Ze worden voornamelijk gebruikt om de oorspronkelijke probleemdefinitie te bevestigen.

Van een varkensbedrijf worden historische gegevens bijgehouden. Deze historie speelt een rol in het diagnostisch proces. Diverse factoren, zoals bijvoorbeeld eerdere klimaatproblemen in het varkensbedrijf, kunnen een rol spelen bij het diagnosticeren.

4.3 Discussie interviewtechnieken

Het eerste ongestructureerde interview bleek een goed instrument voor een eerste verkenning van het probleemdomein. Het interview had een natuurlijk verloop waarbij de lijst met voorbereide open vragen een goede leidraad bleek. Het interview leverde een grote hoeveelheid informatie op.

De keuze voor een tweede interview met meer structuur bleek goed uit te pakken. Het voorleggen van een concrete casus aan een expert had namelijk het gewenste resultaat. De impliciete redeneerstappen in het diagnostisch proces konden hiermee expliciet worden gemaakt. Ook het gebruik van vignetten leverde goede resultaten en gaf een goed inzicht in hoe onze experts redeneren in het geval van een ernstig klinisch probleem. Door het visuele karakter van de kaartjes konden we het redeneren goed volgen en beter doorvragen op onduidelijkheden. Door het hardop denken en de notities van de expert konden we achteraf beter analyseren waarom bepaalde keuzes gemaakt worden. Hierdoor konden we meer dan in het eerste interview inzicht krijgen in hoe over het stapelniveau wordt geredeneerd.

5. Modelleren

In dit hoofdstuk bespreken we de eerste modelleerstep die we hebben gemaakt voor het uitbreiden van het huidige varkenspestnetwerk naar stapelniveau, welke bestaat uit het definiëren van patronen en variabelen.

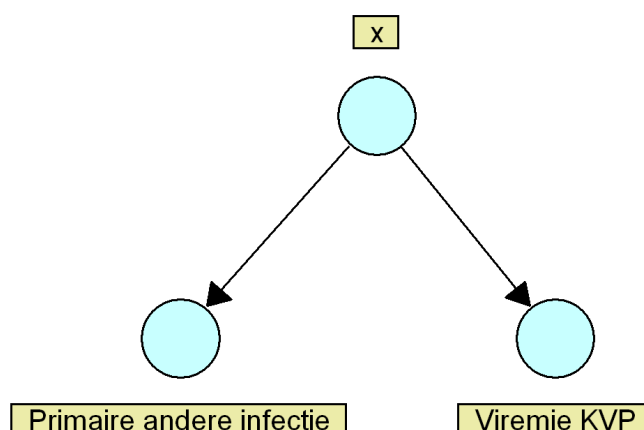
5.1 Patronen stapelniveau

Bij het identificeren van de verschillende variabelen op stapelniveau die aan het netwerk voor het individuele dier moeten worden toegevoegd, bleek dat groepjes van deze variabelen een vergelijkbare rol hadden en op vrijwel dezelfde manier aan het netwerk konden worden toegevoegd. Om deze overeenkomsten te benutten, hebben we besloten om deze rollen te identificeren en generieke patronen te creëren voor elke rol.

De generieke patronen voor de variabelen op stapelniveau zijn bedoeld om vast te stellen hoe de variabelen voor de uitbreiding van het varkenspestnetwerk aan het netwerk voor het individuele dier verbonden moeten worden. Later kunnen deze patronen worden gebruikt om eventuele nieuwe variabelen makkelijker toe te voegen. Het is dan voldoende om te kijken binnen welke rol de nieuwe variabele valt om te bepalen hoe de variabele moet aansluiten bij het netwerk.

5.1.1 Patroon oorzakelijke variabelen

Oorzakelijke variabelen zijn variabelen die de kansverhouding tussen een primaire andere infectie en varkenspest beïnvloeden. Ze hebben na toevoeging aan het netwerk over het algemeen twee uitgaande pijlen, één naar de knoop *Primaire andere infectie* en één naar *Viremie KVP* en/of een uitgaande pijl naar een knoop die een uitgaande pijl naar *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* heeft. In figuur 5.1 is het basispatroon voor oorzakelijke variabelen weergegeven. In het basispatroon heeft de toe te voegen variabele x twee uitgaande pijlen, één naar de knoop *Primaire andere infectie* en één naar de knoop *Viremie KVP*.



Figuur 5.1: Basispatroon voor oorzakelijke variabelen

Hoe de oorzakelijke variabele x moet worden toegevoegd wordt mede bepaald door de vergaarde domeinkennis over de variabelen. Met behulp van deze domeinkennis kan worden nagegaan of x tot de oorzakelijke variabelen hoort en op welke variabelen uit het domein de toe te voegen variabele x een probabilistische invloed uitoefent. Hiermee kan dus worden bepaald of er pijl moet worden getrokken van x naar de knopen *Viremie KVP* en/of *Primaire andere infectie*. Een uitgaande pijl van x naar een andere knoop in het huidige netwerk is niet nodig, omdat via de knopen *Viremie KVP* en/of *Primaire andere infectie* al een probabilistische invloed wordt uitgeoefend.

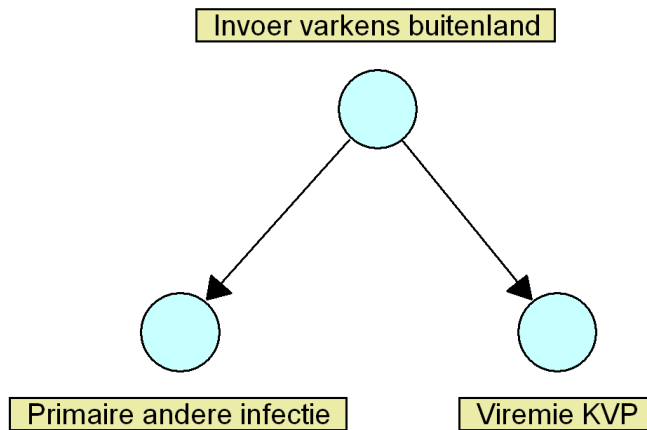
Afhankelijk van de oorzakelijke invloed van x kan voorts blijken dat x een probabilistische invloed uitoefent op bestaande knopen die een uitgaande pijl naar *Primaire andere infectie* en/of *Viremie KVP* hebben. x kan hierdoor een uitgaande pijl naar één of meerdere van deze knopen krijgen. Een inkomende pijl vanuit één of meerdere van deze knopen is mogelijk als blijkt dat een reeds toegevoegde oorzakelijke variabele ook een probabilistische invloed uitoefent op x . Dit moet dus ook worden gecontroleerd bij het toevoegen van x .

Na het toevoegen van de variabele x geldt in het basispatroon dat de knopen *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* a priori afhankelijk zijn van elkaar, dat wil zeggen een probabilistische invloed op elkaar uitoefenen. In het huidige netwerk voor het individuele dier geldt dat er een probabilistische invloed is tussen deze twee knopen over de keten *Primaire andere infectie* \leftarrow *Type varken* \rightarrow *Contactstructuur* \rightarrow *KVP besmetting* \rightarrow *Viremie KVP*, zoals weergegeven in figuur 2.2 in hoofdstuk 2. Hierdoor geldt ook dat *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* gegeven *Type varken* in het huidige netwerk onafhankelijk van elkaar zijn. Het toevoegen van de variabele x volgens het basispatroon maakt dat *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* gegeven *Type varken* niet onafhankelijk zijn. Er moet daarom bij het toevoegen van de eerste oorzakelijk variabele die een uitgaande pijl heeft naar *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* worden nagegaan of deze verandering in onafhankelijkheid een juiste is.

Zodra een waarde bekend is voor de toe te voegen variabele x blokkeert deze de keten *Primaire andere infectie* $\leftarrow x \rightarrow$ *Viremie KVP* in het basispatroon. Er geldt dan dat aan conditie a . voor het blokkeren van ketens is voldaan zoals beschreven in hoofdstuk 2. Nu is *Primaire andere infectie* onafhankelijk van *Viremie KVP* gegeven x in het basispatroon. Als alle ketens van *Primaire andere infectie* naar *Viremie KVP* in het netwerk zijn geblokkeerd, zijn de twee variabelen ge-d-separeerd en oefenen ze geen directe probabilistische invloed meer op elkaar uit.

Met hulp van experts moet gecontroleerd worden of de variabele x correct is toegevoegd. Dit kan met behulp van verdere interviews waarin de experts gevraagd wordt of de ontstane (on)afhankelijkheden correct zijn.

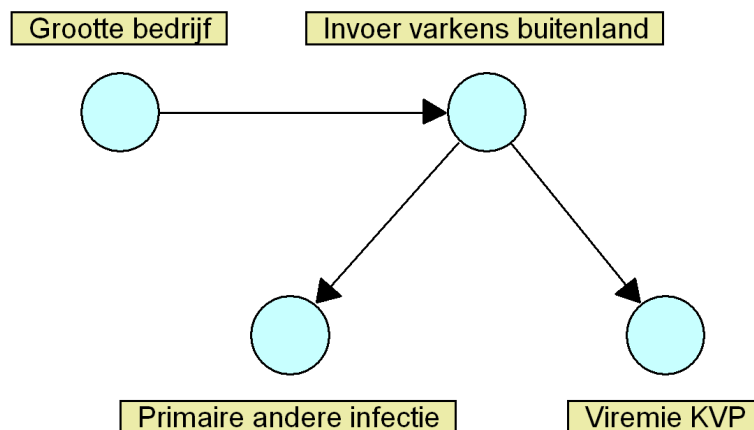
Als voorbeeld beschouwen we het toevoegen van de oorzakelijke variabele *Invoer varkens buitenland* die aangeeft of er in de afgelopen 3 maanden varkens vanuit het buitenland in het bedrijf terecht zijn gekomen. De variabele kan de waarden *ja* en *nee* hebben.



Figuur 5.2: Het toevoegen van de variabele Invoer varkens buiten aan het netwerk

De aanwezigheid van varkens uit het buitenland verhoogt de kans op klassieke varkenspest en andere infecties. Deze variabele kan de kansverhouding tussen de verschillende infecties dus beïnvloeden. In figuur 5.2 is de variabele toegevoegd volgens het basispatroon. Met de hulp van experts moet gecontroleerd worden of deze toevoeging correct is.

Later zou aan deze bestaande toevoeging ook nog de variabele *Grootte bedrijf* toegevoegd kunnen worden. De grootte van een bedrijf vergroot de kans op de invoer van varkens uit het buitenland en is daardoor van invloed op de kansen op varkenspest en andere infecties. De variabele kan dan bijvoorbeeld worden toegevoegd zoals weergegeven in onderstaand figuur 5.3. Wederom moet met behulp van experts gecontroleerd worden of alle ontstane relaties correct zijn en of alle relaties aanwezig zijn. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat na controle met experts blijkt dat er bovendien een directe probabilistische invloed is van de knoop *Grootte bedrijf* naar *Primaire andere infectie* en/of *Viremie KVP*.

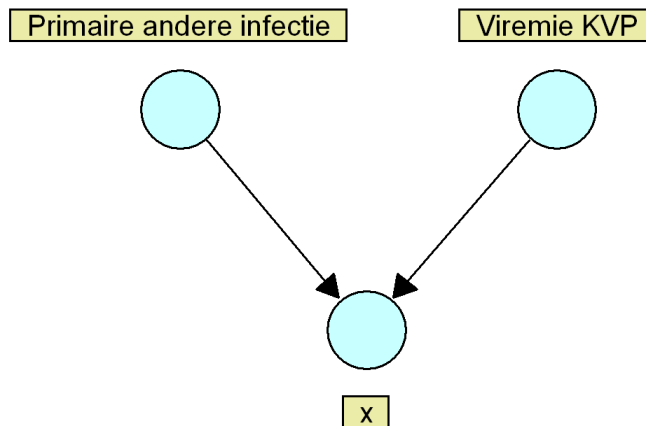


Figuur 5.3: Het toevoegen van de variabele Grootte bedrijf aan het netwerk

5.1.2 Patroon symptomatische variabelen

Tot de groep van de symptomatische variabelen behoren de variabelen die een gevolg zijn van varkenspest en/of andere infectieziekten waarbij varkenspest in de differentiaaldiagnose zit, en daardoor als symptoom zijn waar te nemen. Het zijn symptomen op stapelniveau. Ze hebben na toevoeging aan het netwerk geen uitgaande pijlen. De inkomende pijlen komen direct of indirect uit de knopen *Primaire andere infectie* en/of *Viremie KVP*. In figuur 5.4 is het basispatroon voor symptomatische variabelen weergegeven. In het basispatroon heeft de

toe te voegen symptomatische variabele x twee inkomende pijlen, één uit de knoop *Primaire andere infectie* en één uit de knoop *Viremie KVP*.



Figuur 5.4: Basispatroon voor symptomatische variabelen

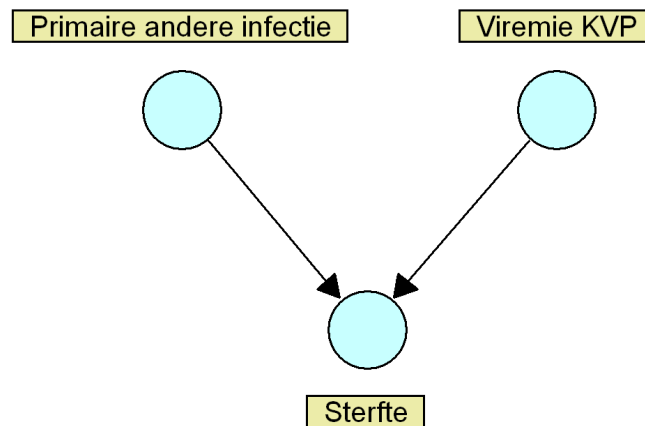
De inkomende pijlen van de knoop x uit de knopen *Primaire andere infectie* en/of *Viremie KVP* beschrijven de probabilistische invloed die een ziekte op een symptoom uitoefent.

Bij het toevoegen van x moet gecontroleerd worden of zowel *Primaire andere infectie* als *Viremie KVP* een probabilistische invloed uitoefenen op de variabele. Het is namelijk als variatie op het basispatroon mogelijk dat slechts één van deze twee knopen een uitgaande pijl naar x heeft. Hier is sprake van als er bijvoorbeeld een symptomatische variabele wordt toegevoegd die alleen een symptoom is van een primaire andere infectie en niet van de klassieke varkenspest. Er dient ook nagegaan te worden of er een probabilistische invloed is op een reeds toegevoegde symptomatische variabele y . Indien dit zo is, kan het zijn dat x geen inkomende pijlen krijgt uit *Primaire andere infectie* en/of *Viremie KVP*, maar wel een inkomende pijl uit y , of een combinatie van pijlen uit deze knopen. Dat x een uitgaande pijl naar een knoop y krijgt naast zijn inkomende pijl(en) is ook mogelijk.

Het ontbreken van bewijs voor de toe te voegen variabele x blokkeert de keten *Primaire andere infectie* $\rightarrow x \leftarrow$ *Viremie KVP* in het basispatroon. Er geldt dan dat aan conditie c . voor het blokkeren van ketens is voldaan zoals beschreven in Hoofdstuk 2. Nu is *Primaire andere infectie* onafhankelijk van *Viremie KVP* gegeven het ontbreken van bewijs over x . Als alle ketens van *Primaire andere infectie* naar *Viremie KVP* in het netwerk zijn geblokkeerd, zijn de twee variabelen ge-d-separeerd en oefenen ze geen directe probabilistische invloed op elkaar uit.

Zodra er bewijs is voor variabele x zorgt deze waarneming ervoor dat de knopen *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* afhankelijk van elkaar zijn gegeven x . Met als resultaat dat de kansen op een *Primaire andere infectie* en op een *Viremie KVP* aan elkaar gekoppeld zijn. Hierdoor kunnen de kansen op *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* gelijktijdig stijgen en dalen of de kans op *Primaire andere infectie* stijgt waarop de kans op *Viremie KVP* daalt en omgekeerd. Het tweede geval wordt *explaining away* genoemd, waarbij de observatie van variabele x veroorzaakt dat de ouders elkaar wegverklaren. In beide gevallen moeten de (on)afhankelijkheden met de hulp van experts geverifieerd worden.

Als voorbeeld beschouwen we het toevoegen van de variabele *Sterfte*, welke het aantal gestorven dieren in verhouding tot het totaal van de stapel sinds het begin van het probleem weergeeft.

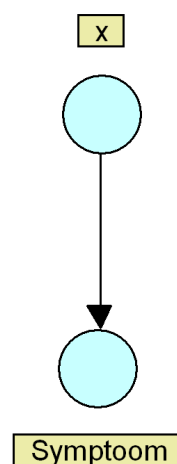


Figuur 5.5: Het toevoegen van de variabele Sterfte aan het netwerk

Zowel *Primaire andere infectie* als *Viremie KVP* hebben een probabilistische invloed op het sterftepercentage van de stapel. In figuur 5.5 is de variabele toegevoegd volgens het basispatroon. Wederom dient de toevoeging van een knoop met de hulp van experts gecontroleerd te worden.

5.1.3 Patroon alternatief verklarende variabelen

Tot de alternatief verklarende variabelen behoren de variabelen die alternatieve verklaringen zijn voor bepaalde symptomen. Ze hebben in het netwerk na toevoeging geen inkomende pijlen en alleen uitgaande pijlen naar de symptomen die ze verklaren. In figuur 5.6 is het basispatroon voor alternatief verklarende variabelen weergegeven. In het basispatroon heeft de toe te voegen alternatief verklarende variabele x één uitgaande pijl naar het symptoom dat x verklaart.

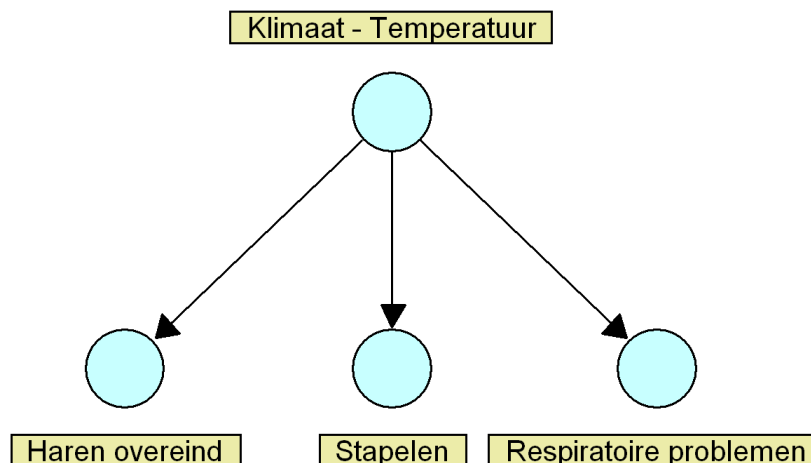


Figuur 5.6: Basispatroon voor alternatief verklarende variabelen

Alternatief verklarende variabelen zijn oorzaken op stapelniveau van één of meerdere symptomen en daardoor hebben deze variabelen uitgaande pijlen naar de symptomen waar ze de oorzaak van zijn. Ze hebben in het netwerk geen inkomende pijlen omdat er geen knopen zijn die een probabilistische invloed uitoefenen op deze variabelen. Het gaat om waarneembare variabelen zoals bijvoorbeeld het klimaat in een stal. Bij het toevoegen van de variabele dient gecontroleerd te worden van welke symptomen in het huidige netwerk x een oorzaak is. Naar deze symptomen zal dan een uitgaande pijl vanuit x komen.

Zodra er bewijs is voor alternatief verklarende variabele x blokkeert deze de keten *Symptoom* $y \leftarrow x \rightarrow$ *Symptoom* z in het geval dat x een alternatieve verklaring is voor meerdere symptomen, waardoor x twee of meer uitgaande pijlen heeft. Er geldt dan dat aan conditie a . voor het blokkeren van ketens is voldaan zoals beschreven in hoofdstuk 2. Nu is *Symptoom* y onafhankelijk van *Symptoom* z gegeven x . Als alle ketens van *Symptoom* y naar *Symptoom* z in het netwerk zijn geblokkeerd, zijn de twee variabelen ge-d-separeerd en oefenen ze geen directe probabilistische invloed meer op elkaar uit. De ontstane (on)afhankelijkheden moeten met de hulp van experts geverifieerd worden.

Als voorbeeld het toevoegen van de variabele *Klimaat – Temperatuur* welke aangeeft of er een aan de temperatuur gerelateerd klimaatprobleem in de probleemstal is. Deze variabele kan als bekend de waarden *Te warm*, *Te koud* of *Goed* hebben. De variabele wordt toegevoegd zoals weergegeven in onderstaande figuur. *Klimaat – Temperatuur* oefent een probabilistische invloed uit op de variabelen *Haren overeind*, *Stapelen* en *Respiratoire problemen* en krijgt als gevolg daarvan een uitgaande pijl naar de bijbehorende knopen in het huidige netwerk. Ook hier dient de toevoeging van een knoop met de hulp van experts gecontroleerd te worden.



Figuur 5.5: Het toevoegen van de variabele Klimaat - Temperatuur aan het netwerk

5.2 Variabelen stapelniveau

Met behulp van de interviews met de experts zoals beschreven in hoofdstuk 3 en uit de literatuur hebben we een aantal mogelijke variabelen op stapelniveau geïdentificeerd die aan het huidige netwerk voor het individuele dier kunnen worden toegevoegd. De variabelen zijn hieronder beschreven met hun mogelijke waarden en ze zijn ingedeeld in de rollen zoals die beschreven zijn in paragraaf 5.2. Per variabele wordt verantwoord waarom deze in een

bepaalde rol valt. Daarnaast wordt een voorstel voor toevoeging aan het huidige varkenspestnetwerk voor het individuele dier gedaan, waarbij moet worden opgemerkt dat elke toevoeging moet worden gecontroleerd met de hulp van de experts.

5.2.1 Oorzakelijke variabelen

Oorzakelijke variabelen zijn variabelen die de kansverhouding tussen een primaire andere infectie en varkenspest beïnvloeden.

Uitbraak regio

De variabele *Uitbraak regio* modelleert of al dan niet op het moment van diagnose een uitbraak van klassieke varkenspest is in het werkgebied (of een aansluitend werkgebied) van de veearts. De experts geven aan dat ze alerter zijn op een besmetting met klassieke varkenspestbesmetting wanneer er een naburige uitbraak is. De besmettelijke aard van de klassieke varkenspest maakt ook dat een naburige besmetting de a priori kans op klassieke varkenspest verhoogt. Hierdoor beïnvloedt *Uitbraak regio* de kansverhouding tussen een primaire andere infectie en varkenspest en behoort de variabele tot de oorzakelijke variabelen.

De initiële toevoeging van de knoop *Uitbraak regio* kan gebeuren door een pijl te trekken van deze nieuwe knoop naar de bestaande knoop *Viremie KVP*.

Mogelijke waarden voor de variabele *Uitbraak regio* zijn: *uitbraak*, *verdachte bedrijven* en *geen*.

Invoer varkens buitenland

De variabele *Invoer varkens buitenland* modelleert of al dan niet in de afgelopen 3 maanden varkens vanuit het buitenland naar het bedrijf zijn ingevoerd.

Uit literatuur [Elbers et al., 1999] blijkt dat varkens uit het buitenland vaak de oorzaak zijn geweest van een initiële besmetting van klassieke varkenspest. Net zoals bij de variabele *Uitbraak regio* geldt dat de invoer ofwel de aanwezigheid van varkens uit het buitenland in de laatste 3 maanden in het varkensbedrijf de a priori kans op de klassieke varkenspest verhoogt. Hierdoor wordt de kansverhouding tussen primaire andere infectie en varkenspest beïnvloed en daarom behoort *Invoer varkens buitenland* tot de oorzakelijke variabelen.

De eerste toevoeging van de knoop *Invoer varkens buitenland* kan gebeuren door een pijl te trekken van de knoop naar de bestaande knoop *Viremie KVP*. Dit komt overeen met het basispatroon voor de toevoeging van oorzakelijke variabelen zoals beschreven in paragraaf 5.2.

Mogelijke waarden voor de variabele *Invoer varkens buitenland* zijn: *ja* en *nee*.

Recente problemen gezondheid

De variabele *Recente problemen gezondheid* modelleert of al dan niet in de afgelopen 3 maanden varkens binnen het bedrijf andere (relevante) ziekteverschijnselen hebben vertoond.

Uit de interviews met de experts is gebleken dat historische informatie over ziekteproblemen wordt gebruikt bij het redeneren over de zieke dieren in een probleemstal. Er is informatie beschikbaar in een dossier en er worden vragen aan de varkenshouder gesteld. Zwakkere dieren en dieren die recentelijk zijn behandeld hebben een hogere kans ziek te worden dan een gezond dier. De a priori kans op een primaire andere infectie wordt dus beïnvloed door recente gezondheidsproblemen in het bedrijf. Dit beïnvloedt de kansverhouding tussen primaire andere infectie en varkenspest en daarom behoort *Recente problemen gezondheid* tot de oorzakelijke variabelen.

De eerste toevoeging van de knoop *Recente problemen gezondheid* aan het huidige varkenspestnetwerk voor het individuele dier kan gebeuren door een pijl te trekken van deze nieuwe knoop naar de bestaande knoop *Primaire andere infectie*.

Mogelijke waarden voor de variabele *Recente problemen gezondheid* zijn: *geen*, *luchtweginfectie*, *maagdarminfectie* en *luchtweg- en maagdarminfectie*. Deze waarden zijn gebaseerd op de waarden van de knoop *Primaire andere infectie* uit het huidige netwerk, waarbij is gekozen het aantal waarden beperkt gehouden om de complexiteit van het model te verminderen. Om dezelfde reden kiezen we er voor het aantal waarden van *Recente problemen gezondheid* beperkt te houden.

5.2.2 Symptomatische variabelen

Tot de groep van de symptomatische variabelen behoren de variabelen die een gevolg zijn van varkenspest en/of andere infectieziekten waarbij varkenspest in de differentiaaldiagnose zit, en daardoor als symptoom zijn waar te nemen.

Sterfte - Probleemstal

De variabele *Sterfte - Probleemstal* modelleert het aantal gestorven dieren in verhouding tot het totaal van de stal waar een ernstig klinisch probleem is geconstateerd sinds het begin van het probleem. Een dodelijke infectieziekte zoals de klassieke varkenspest brengt met zich mee dat er meer dieren sterven dan gebruikelijk. Volgens de experts melden varkenshouders een ernstig klinisch probleem na een ongewone stijging in sterfte. De experts geven aan dat er gesproken kan worden over een acceptabele sterfte bij varkens in een varkensbedrijf. Bij zogende biggen (0 tot 4 weken oud) is de acceptabele sterfte 10%, bij gespeende biggen (6 tot 10 weken oud) is dat 2% en bij vleesvarkens ook 2%. Zodra de sterfte hoger is, is dat vaak een gevolg van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie, daarom behoort de variabele *Sterfte - Probleemstal* tot de symptomatische variabelen.

De eerste toevoeging van de knoop *Sterfte - Probleemstal* aan het huidige netwerk voor het individuele dier kan gebeuren door een pijl te trekken vanuit de knoop *Primaire andere infectie* en vanuit de knoop *Viremie KVP* naar de knoop *Sterfte - Probleemstal*. Dit is een toevoeging volgens het basispatroon voor symptomatische variabelen die eerder is beschreven in paragraaf 5.2. Aangezien de sterfte per type varken verschilt, moet ook gecontroleerd worden of *Sterfte - Probleemstal* een inkomende pijl van de knoop *Type varken* moet krijgen.

Mogelijke waarden voor de variabele *Sterfte - Probleemstal* zijn: 2-5%, 5-10%, 10-15% en >15%.

Sterfte - Bedrijf

De variabele *Sterfte - Bedrijf* modelleert het aantal gestorven dieren in verhouding tot het totaal van het varkensbedrijf sinds het begin van het probleem. Net zoals bij de variabele *Sterfte - Probleemstal* is een toename van de sterfte in het hele bedrijf een indicator voor de ernst en de oorzaak van het klinisch probleem. De sterftcijfers worden vaak op bedrijfsniveau bijgehouden. Zodra de sterfte in het bedrijf hoger is, is dat vaak een gevolg van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie, daarom behoort de variabele *Sterfte - Probleemstal* tot de symptomatische variabelen.

De eerste toevoeging van de knoop *Sterfte - Bedrijf* aan het huidige netwerk voor het individuele dier kan gebeuren op dezelfde manier als de toevoeging van de variabele *Sterfte - Probleemstal*: door een pijl te trekken vanuit de knoop *Primaire andere infectie* en vanuit de knoop *Viremie KVP* naar de knoop *Sterfte - Bedrijf*. Aangezien ook hier de sterfte per type

varken verschilt, moet ook gecontroleerd worden of *Sterfte - Bedrijf* een inkomende pijl van de knoop *Type varken* moet krijgen.

Mogelijke waarden voor de variabele *Sterfte – Bedrijf* zijn: 2-5%, 5-10%, 10-15% en >15%.

Zieke dieren - Probleemstal

De variabele *Zieke dieren - Probleemstal* modelleert het aantal dieren dat ziekteverschijnselen vertoont in verhouding tot het totaal van de probleemstal op het moment van het bezoek. Uit de interviews met de experts blijkt dat het beeld van de koppel een belangrijk onderdeel is bij het stellen van een diagnose. In dit beeld van de koppel gaat het ook met name om de dieren die afwijken van de rest en dus ziekteverschijnselen vertonen. In dit beeld wordt rekening gehouden met het feit dat er in een varkensbedrijf altijd een aantal dieren ziek zijn. Een groter aantal zieke dieren in de probleemstal kan dan een gevolg zijn van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie en daarmee is *Zieke dieren - Probleemstal* een symptomatische variabele.

Het toevoegen van de knoop *Zieke dieren – Probleemstal* kan gebeuren volgens het basispatroon voor symptomatische variabelen, door een pijl te trekken vanuit de knopen *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* naar de nieuwe knoop.

Mogelijke waarden voor de variabele *Zieke dieren – Probleemstal* zijn: <10%, 10-20%, 20-30% en >30%. Hier geeft de eerste waarde, <10%, aan dat er geen toename van het aantal zieke dieren is.

Zieke dieren - Bedrijf

De variabele *Zieke dieren - Bedrijf* modelleert het aantal dieren dat ziekteverschijnselen vertoont in verhouding tot het totaal van het hele varkensbedrijf op het moment van het bezoek. Naast het beeld van de probleemstal geven de experts aan dat eventuele problemen in andere stallen van het bedrijf ook een rol hebben in het stellen van de diagnose. Het is dus van belang in het model rekening te houden met het totale aantal zieke dieren in het bedrijf. Het aantal zieke dieren in het bedrijf kan een indicatie zijn voor het al dan niet aanwezig zijn van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie en daarmee is *Zieke dieren - Bedrijf* een symptomatische variabele.

De eerste toevoeging van de knoop *Zieke dieren – Bedrijf* kan gebeuren volgens het basispatroon voor symptomatische variabelen, door een pijl te trekken vanuit de knopen *Primaire andere infectie* en *Viremie KVP* naar de nieuwe knoop.

Mogelijke waarden voor de variabele *Zieke dieren – Bedrijf* zijn: <10%, 10-20%, 20-30% en >30%. Hier geeft de eerste waarde, <10%, aan dat er geen toename van het aantal zieke dieren is.

Gradiënt

De variabele *Gradiënt* modelleert of de ziekte zich aan het verspreiden is door de verschillende hokken in de probleemstal. De experts houden bij het stellen van de diagnose rekening met hoe de ziekte zich in de probleemstal aan het verspreiden is. Als er tekenen van een zich (snel) verspreidende ziekte zijn, noemen de experts dit de aanwezigheid van een gradiënt van de ziekte in de probleemstal. Deze variabele is een onderdeel van het beeld van de koppel en is af te lezen door te kijken naar de verspreiding van de ziekte over de hokken van de probleemstal en hoe ziek de dieren in die hokken zijn. Dit speelt een rol in het bepalen van de soort ziekte die de dieren hebben. Ook is het hiermee mogelijk een onderscheid te maken tussen een bacteriële en virusinfectie. Bij een bacteriële infectie zal er geen patroon van het doorgeven van een besmetting zijn. Bij een besmetting met de klassieke varkenspest zal volgens de experts een bijzonder snelle verspreiding het gevolg zijn. De aanwezigheid

van een gradiënt is een gevolg van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie, hierdoor is de variabele *Gradiënt* een symptomatische variabele.

De eerste toevoeging van de knoop *Gradiënt* kan gebeuren door een pijl te trekken vanuit de bestaande knopen *Viremie KVP* en *Primaire andere infectie* naar de nieuwe knoop.

De mogelijke waarden voor de variabele *Gradiënt* zijn: *ja* en *nee*. Hiermee kan worden aangegeven of gradiënt aanwezig is of niet.

Opname voer

De variabele *Opname voer* modelleert of de eetlust van de varkens in de probleemstal in orde is. In het huidige netwerk is reeds de knoop *Eetlust* als symptoom bij het individuele dier opgenomen. Uit de interviews met de experts blijkt echter dat de dieren soms per hok in de stal gevoederd worden en dus niet direct is vast te stellen hoe het is gesteld met de eetlust van een enkel dier. Hier moet dus op stapelniveau gekeken worden of de dieren een normale of verminderde eetlust hebben door te kijken of de bakken met eten leeg zijn of niet. In gevallen waarin de eetlust van een individueel dier wel kan worden vastgesteld, kan die informatie in de knoop *Eetlust* worden ingevoerd. Een verminderde eetlust kan een gevolg zijn van de klassieke varkenspest en/of een primaire andere infectie en daarom is de variabele *Opname voer* een symptomatische variabele.

De eerste toevoeging kan volgens het basispatroon voor symptomatische variabelen gebeuren, door twee pijlen te trekken vanuit de knoop *Opname voer* naar de knopen *Viremie KVP* en *Primaire andere infectie*.

De mogelijk waarden voor de knoop *Opname voer* zijn: *normaal* en *verminderd*.

Opname water

De variabele *Opname water* modelleert of de lust om te drinken van de varkens in de probleemstal in orde is. Net zoals bij de variabele *Opname voer* geven de experts aan dat ze kijken of de stapel varkens een normale hoeveelheid water opneemt. Hierbij is het mogelijk dat de lust om te drinken afwijkt door een toename of een afname. Een verandering in de opname van water kan een gevolg zijn van de klassieke varkenspest en/of primaire andere infectie. De variabele *Opname water* is dus een symptomatische variabele.

De eerste toevoeging kan volgens het basispatroon voor symptomatische variabelen gebeuren, door twee pijlen te trekken vanuit de knoop *Opname water* naar de knopen *Viremie KVP* en *Primaire andere infectie*.

De mogelijk waarden voor de knoop *Opname voer* zijn: *normaal*, *verminderd* en *vermeerderd*.

5.2.3 Alternatief verklarende variabelen

Tot de alternatief verklarende variabelen behoren de variabelen die alternatieve verklaringen zijn voor bepaalde symptomen.

Klimaat - Temperatuur

De variabele *Klimaat – Temperatuur* modelleert of er problemen zijn met de temperatuur in de probleemstal. De experts hebben in de interviews gezegd dat de temperatuur van de stal mee wordt genomen in het stellen van de diagnose. In het huidige netwerk voor het individuele dier is de variabele *Klimaatprobleem* opgenomen. Deze variabele modelleert de aanwezigheid van een klimaatprobleem in de stal van het individuele dier. Omdat deze variabele eigenlijk betrekking heeft op een groep dieren in een stal, is het al een variabele op stapelniveau. Een probleem met de temperatuur in de probleemstal is een alternatieve

verklaring voor bepaalde symptomen en behoort daardoor tot de alternatief verklarende variabelen.

De eerste toevoeging van de knoop *Klimaat – Temperatuur* bestaat uit het vervangen van de knoop *Klimaatprobleem* uit het huidige netwerk. De toegevoegde knoop krijgt hiermee uitgaande pijlen naar de symptomen die hij verklaart: *Haren overeind*, *Stapelen* en *Respiratoire problemen*.

De mogelijke waarden voor de knoop *Klimaat – Temperatuur* zijn: *goed*, *te warm* en *te koud*. Hierbij wordt een extra waarde toegevoegd ten opzichte van de knoop *Klimaatprobleem* die alleen het onderscheid tussen de waarden *ja* en *nee* had.

Klimaat - Stof

De variabele *Klimaat – Stof* modelleert of er problemen zijn met een verhoogde hoeveelheid stof in de probleemstal. Net zoals de temperatuur in de probleemstal kijken de experts ook naar de hoeveelheid stof in de probleemstal. In het huidige netwerk is deze variabele reeds gemodelleerd in de knoop *Stof*. Net zoals bij de variabele *Klimaat – Temperatuur* is dit al een variabele op stapelniveau. De hoeveelheid stof in de probleemstal is een alternatieve verklaring voor bepaalde symptomen van een ziek varken en behoort daardoor tot de alternatief verklarende symptomen.

De eerste toevoeging van de knoop *Klimaat – Stof* bestaat uit het vervangen van de knoop *Stof* in het huidige netwerk voor het individuele dier. De knoop krijgt dan uitgaande pijlen naar de knopen *Slijmvliesontsteking* en *Respiratoire problemen*.

De mogelijke waarden voor de knoop *Klimaat – Stof* zijn: *normaal* en *veel stof*. Dit zijn dezelfde waarden als de huidige variabele *Stof* kan krijgen.

6. Conclusies en aanbevelingen

Als basis voor een beslissingsondersteunend systeem voor de vroege diagnose van een besmetting met klassieke varkenspest wordt er een Bayesiaans netwerk ontwikkeld. De huidige versie van het varkenspestnetwerk is geschikt voor de diagnose van een individueel varken. De volgende stap in de ontwikkeling van het netwerk is een uitbreiding naar stapelniveau. In het kader van deze uitbreiding hebben we andere Bayesiaanse netwerken die diagnosticeren op groepsniveau bestudeerd. Daarnaast hebben we twee experts in twee interviews gevraagd naar het redeneren en diagnosticeren van een stapel varkens. De vergaarde kennis heeft geleid tot een eerste stap in de uitbreiding van het huidige varkenspestnetwerk voor de diagnose van het individuele dier: identificatie en definitie van variabelen op stapelniveau en patronen waarmee het toevoegen van deze en toekomstige variabelen makkelijker moet worden.

Uit de interviews met domeinexperts is naar voren gekomen dat het van groot belang is dat het huidige varkenspestnetwerk uitgebreid wordt naar stapelniveau. De experts geven aan dat ze tijdens het diagnostisch proces niet alleen naar de individuele dieren kijken maar ook continu de stapel in het redeneren betrekken. Het onderzoeken van een individueel varken staat hierbij in dienst van de diagnose van de stapel. Het te ontwikkelen beslissingsondersteund systeem zal daarom niet alleen moeten redeneren over observaties op dierniveau, maar ook over observaties op stapelniveau. De interviews zijn voorts een belangrijk instrument gebleken om al enkele variabelen die van belang zijn op stapelniveau te identificeren en definiëren.

Als eerste stap in de uitbreiding van het huidige varkenspestnetwerk hebben we patronen ontwikkeld die moeten bijdragen aan de verdere ontwikkeling van het netwerk. De patronen leggen vast hoe variabelen op stapelniveau aan het netwerk moeten worden toegevoegd en welke aspecten van de toevoeging met hulp van experts gecontroleerd moeten worden. Hiermee moet het toevoegen van variabelen op stapelniveau en daarmee de uitbreiding makkelijker worden gemaakt. De patronen lijken behoorlijk robuust: knopen uit het huidige varkenspestnetwerk voor het individuele dier die al een variabele op stapelniveau modelleren voldoen al aan de eisen voor het bijbehorende patroon. Binnen andere projecten moet het maken van patronen ook een oplossing kunnen bieden wanneer een structuur nodig is voor het toevoegen van variabelen.

De eerstvolgende stap in de uitbreiding van het netwerk is het daadwerkelijk toevoegen van de nieuwe variabelen op stapelniveau met behulp van de gedefinieerde patronen. Hiervoor moeten kansen worden geschat en moeten de afhankelijkheden in de context van het hele netwerk gecontroleerd worden met de hulp van experts. Er ontstaat dan een schil om het huidige netwerk voor het individuele dier heen die de variabelen op stapelniveau bevat. De volgende stap is dan het uitbreiden van het netwerk naar meerdere dieren. Deze stap omvat waarschijnlijk het enkele malen kopiëren van de knopen in het netwerk die alleen betrekking hebben op het individuele varken. Vervolgens worden de variabelen op stapelniveau dan verbonden met elk varken in het netwerk. Daarnaast moeten de subnetwerken voor de individuele varkens dan onderling verbonden worden omdat er waarschijnlijk een probabilistische invloed is tussen de verschillende varkens. Hiervoor is het van groot belang dat in kaart wordt gebracht hoe de besmetting tussen de varkens onderling verloopt.

Referenties

- O. Bangsø, J. Flores, F.V. Jensen, 2003. Plug and play object oriented Bayesian networks. *Post-proceedings of the Tenth Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence*, Springer Lecture Notes on Artificial Intelligence, LNAI 3040, pp. 457-67.
- G.F. Cooper, D.H. Dash, J.D. Levander, W.-K. Wong, W.R. Hogan, M.M. Wagner, 2004. Bayesian biosurveillance of disease outbreaks. *Proceedings of the 20th conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, AUAI Press, Arlington, pp. 94-103.
- A.R.W. Elbers, A. Stegeman, H. Moser, H.M. Ekker, J.A. Smak, F.H. Pluimers, 1999. The classical swine fever epidemic 1997-1998 in The Netherlands: descriptive epidemiology. *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 42, pp. 157-184.
- A.R.W. Elbers, A. Bouma, J.A. Stegeman, 2002. Quantitative assessment of clinical signs for the detection of classical swine fever outbreaks during an epidemic. *Veterinary Microbiology*, vol. 85, pp. 323-332.
- P.L. Geenen, L.C. van der Gaag, 2005. Developing a Bayesian network for clinical diagnostics in veterinary medicine: from the individual to the herd. *Proceedings of the 3rd Bayesian modelling applications workshop, held in conjunction with the 21st Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence; Edinburgh*.
- P.L. Geenen, A.R.W. Elbers, L.C. van der Gaag, W.L.A. Loeffen, 2007. A probabilistic network for clinical detection of classical swine fever: preliminary evaluation study. [In preparation]
- H.S. Horst, A.A. Dijkhuizen, R.B.M. Huirne, and P.W. de Leeuw, 1998. Introduction of contagious animal diseases into The Netherlands: elicitation of expert opinions. *Livestock Production Science*, vol. 53, pp. 253-264.
- D. Koller, A. Pfeffer, 1997. Object-Oriented Bayesian Networks. *Proceedings of the 13th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 302-313.
- S.L. Lauritzen, D.J. Spiegelhalter, 1988. Local computations with probabilities on graphical structures and their application to expert systems. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, vol. 50, pp. 157-224.
- P.J.F. Lucas, L.C. van der Gaag, A. Bu-Hanna, 2004. Bayesian networks in biomedicine and health-care. *Artificial Intelligence in Medicine*, vol. 30, pp. 201-214.
- S.M. Mahoney, K.B. Laskey, 1996. Network Engineering for Complex Belief Networks. *Proceedings of the 12th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 389-396.
- K. Murphy, 1998. A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks. <http://www.cs.ubc.ca/~murphyk/Bayes/bnintro.html>, geraadpleegd op 4 augustus 2007.
- L. Otto, C.S. Kristensen, 2004. A biological network describing infection with *Mycoplasma hyopneumoniae* in swine herds. *Preventive Veterinary Medicine*, vol. 66, pp. 141-161.

J. Pearl, 1988. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. Morgan Kaufmann, Palo Alto.

D. Sent, L.C. van der Gaag, C.L.M. Witteman, B.M.P. Aleman, B.G. Taal, 2005. Eliciting Test-selection Strategies for a Decision-Support System in Oncology. *Interdisciplinary Journal Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour*, vol. 1, pp. 543-561.

L.C. van der Gaag, B.M.P. Aleman, B.G. Taal, 1999. How to Elicit Many Probabilities. *Proceedings of the 15th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Francisco, pp. 647-655.

W.-K. Wong, G.F. Cooper, D.H. Dash, J.D. Levander, J.N. Dowling, W.R. Hogan, M.M. Wagner, 2005. Population-wide Anomaly Detection. *KDD 2005 Workshop on Data Mining Methods for Anomaly Detection*, pp. 79-83.

Appendix

In deze appendix volgt een totaaloverzicht van alle kaartjes die zijn gemaakt voor het tweede interview (zie paragraaf 4.2). De kaartjes spreken over het algemeen voor zich. Het kaartje *Diagnose* is voor het noteren van de uiteindelijke diagnose door de diagnosesteller. Het lege kaartje is voor het maken van notities door de diagnosesteller.

Diagnose

Dossier varkensbedrijf

Eerste indruk probleemstal

- De dieren ogen ernstig ziek
- Een aantal ligt dood te gaan

Probleemstal

Type Varken	Vleesvarken
Contactstructuur	Kleine groep
Te stoffig	Normaal
Klimaatprobleem	Nee

Telefonische klacht

- Problemen sinds gisterochtend
- Op een afdeling met 80 vleesvarkens hebben de dieren slecht gegeten
- 14 dieren dood, veel met bloederig schuim uit de neus

Varken

Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Ja
Aanslaan behandeling	Onbekend
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Ja
Eetlust	Verminderd
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Varken

Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Ja
Aanslaan behandeling	Onbekend
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Nee
Eetlust	Verminderd
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Varken

Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Ja
Aanslaan behandeling	Onbekend
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Ja
Eetlust	Verminderd
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Varken

Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Nee
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Nee
Eetlust	Normaal
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Varken

Activiteit	Sloom
Antibioticumbehandeling	Nee
Ataxia	Nee
Bleke huid	Nee
Conjunctivitis	Nee
Cyanose	Nee
Eetlust	Normaal
Haren overeind	Nee
Huidbloedingen	Nee
Koorts	Ja
Mest	Normaal
Respiratoire problemen	Ja
Slijter	Nee
Snotteren/snuiven	Nee
Stapelen	Nee

Verhaal boer

- Een paar dagen ervoor waren ook de dieren op twee andere bedrijven sloom en slecht etend
- Oxytetra over het voer gedaan en dat hielp wel: de dieren knapten aardig op, maar hoesten nog wel
- Er zijn geen dieren gestorven in die afdelingen

Voeding

- Oxytetra over het voer
- Gebalanceerd