



A network approach to interrelated insurance risk

Ted van der Aalst



Kunnen we netwerken gebruiken om *cyberverszekeringen* te modelleren?

Ted van der Aalst

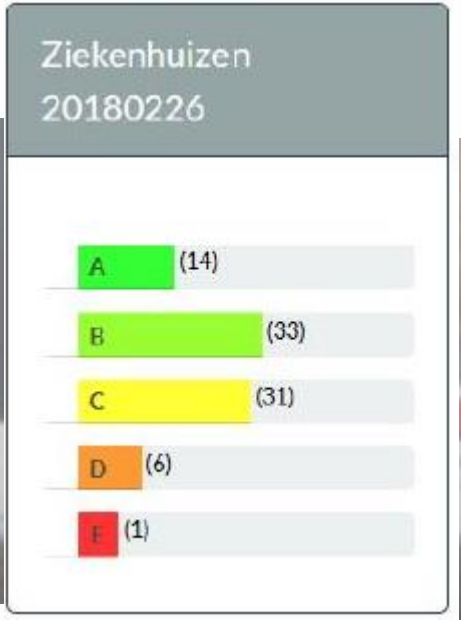


UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM



CYBERSECURITY VALT NOG VEEL TE VERBETEREN BIJ ZIEKENHUIZEN

Door **Pascal de Koning** | 5 maart 2018



Cybersecurity

Ziekenhuizen slachtoffer van ransomware-aanvallen

26 juni 2017

Zeker vijftien Nederlandse ziekenhuizen hebben de afgelopen drie jaar te

2016

CYBERSECURITY VAN APPARATUUR IN ZIEKENHUIZEN KWETSBAAR

Speciaal team gaat ziekenhuizen helpen bij cyberaanval



Cyberisico - Problemen

Onderlinge
afhankelijkheid
beveiliging

Gebrek aan
data

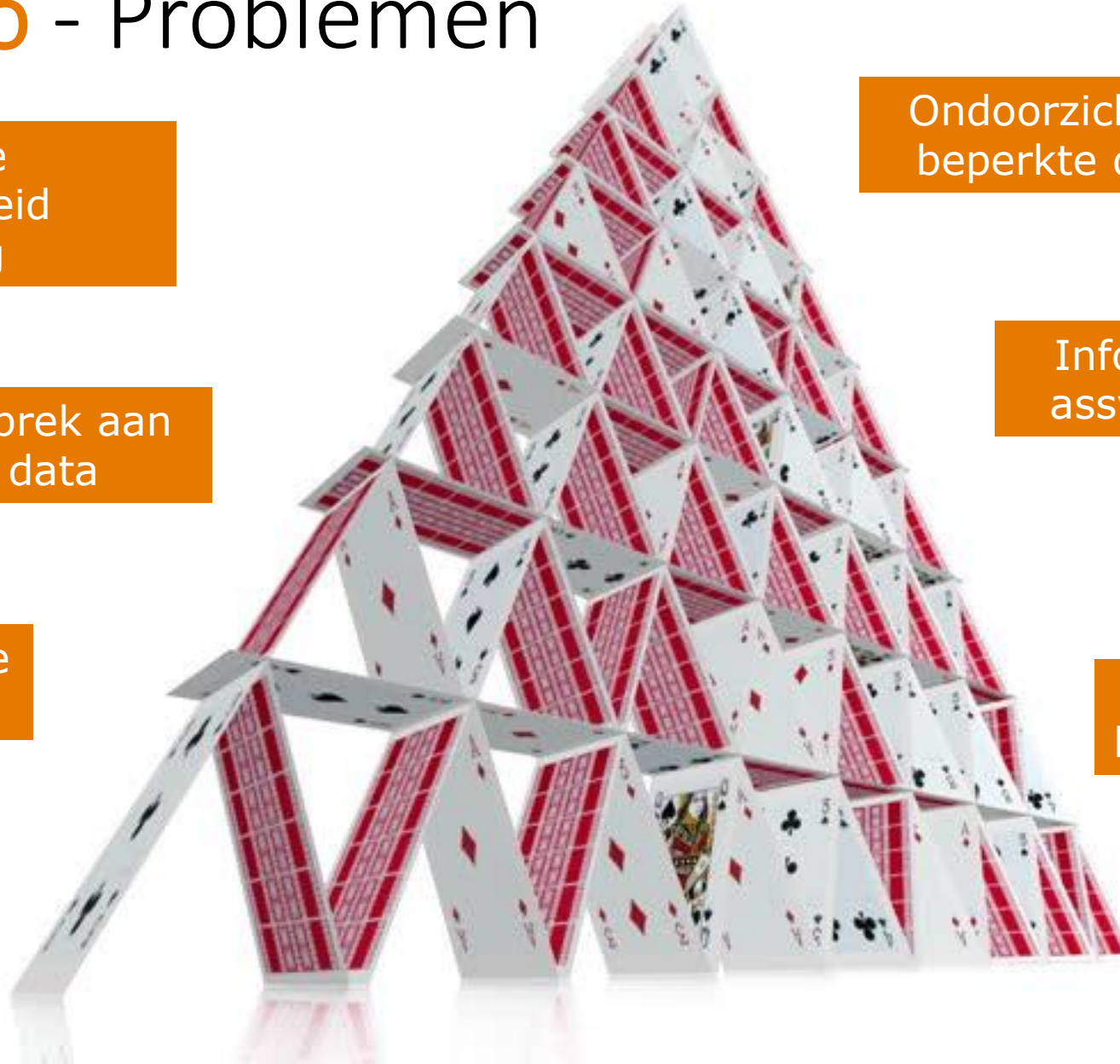
Correlerende
risico's

Snelheid van
ontwikkelen

Ondoorzichtige en
beperkte dekking

Informatie
assymetrie

Hoe te
kwantificeren?





Cyberisico - Problemen

Onderlinge
afhankelijkheid
beveiliging

Ondoorzichtige en
beperkte dekking

Gebrek aan
data

Correlerende
risico's

Snelheid van
ontwikkelen



?



Agenda - Onderzoeksvragen

Zijn netwerkmodellen een praktisch en succesvol alternatief voor verzekeraars om cyberrisico te modelleren?

Netwerkmodellen

*Hoe kan de **samenhangende natuur** van cyberrisico het best worden gemodelleerd?*

Kalibratie en gevoeligheidsanalyse

*Gezien het **veranderlijke karakter** van cyberrisico, hoe robust is de kwantificering?*

Premiedifferentiatie

*Is **premiendifferentiatie** o.b.v. risicoprofiel haalbaar?*

Cyber verzekeren in Solvency 2

*Kunnen redelijke grenzen gesteld worden aan het **accumuleren** van cyberrisico?*



Agenda - Onderzoeksvragen

Zijn netwerkmodellen een praktisch en succesvol alternatief voor verzekeraars om cyberrisico te modelleren?

Netwerkmodellen

*Hoe kan de **samenhangende natuur** van cyberrisico het best worden gemodelleerd?*

Kalibratie en gevoeligheidsanalyse

*Gezien het **veranderlijke karakter** van cyberrisico, hoe robust is de kwantificering?*

Premiedifferentiatie

*Is **premedifferentiatie** o.b.v. risicoprofiel haalbaar?*

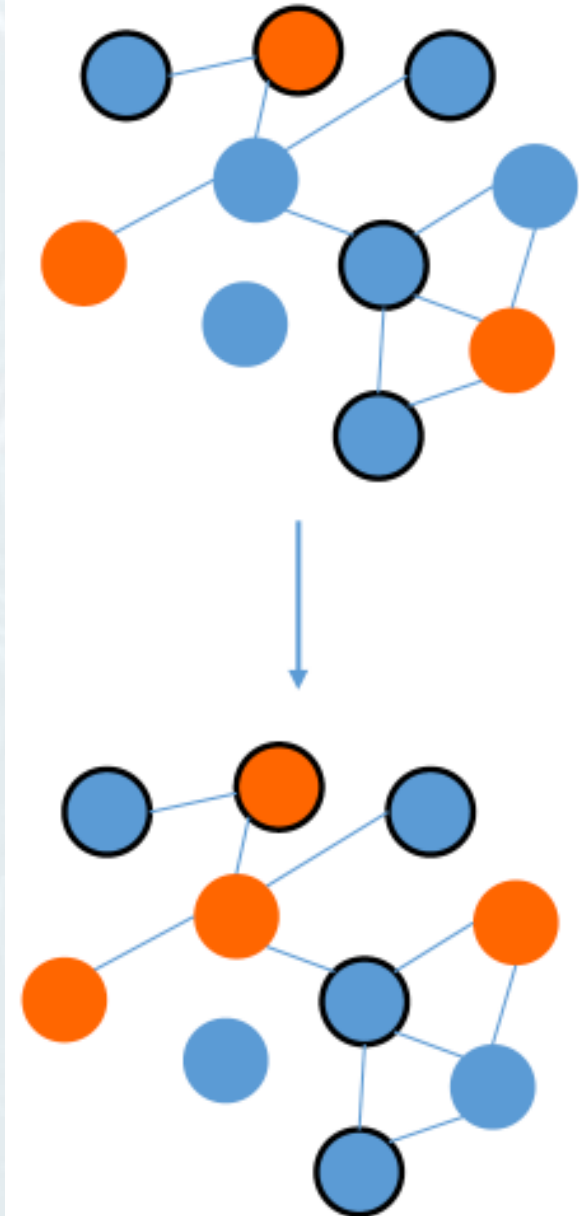
Cyber verzekeren in Solvency 2

*Kunnen redelijke grenzen gesteld worden aan het **accumuleren** van cyberrisico?*

Netwerkmodellen - Simulatie

1. Stel een network op met m knopen, met gemiddelde graad k (Erdős-Renyi random network)
2. Voeg een initiële besmetting toe (binomiale distributie met kans p_0)
3. Beschouw besmettings-dynamiek in discrete stappen, voor een duur van Ω stappen
4. De besmettingsstatus van knoop j wordt gegeven door z_j (0 is gezond, 1 is besmet)
5. De evolutie van de besmettingsgraad wordt gegeven door $R(t)$. De uiteindelijke besmettingsgraad is $R(\Omega)$
6. Herhaal dit proces y keer

Resultaat: distributie voor de besmettingsgraad (die anders is dan de oorspronkelijke distributie)



Netzwerkmodellen - Epidemiologie



Netwerkmodellen - Epidemiologie

Besmettingsdynamica wordt gegeven door besmettingskans q en herstelkans δ

$$p_j(1|0) = k_j q p(t), \quad p_j(0|1) = \delta.$$

Microdynamica

In "mean-field" benadering

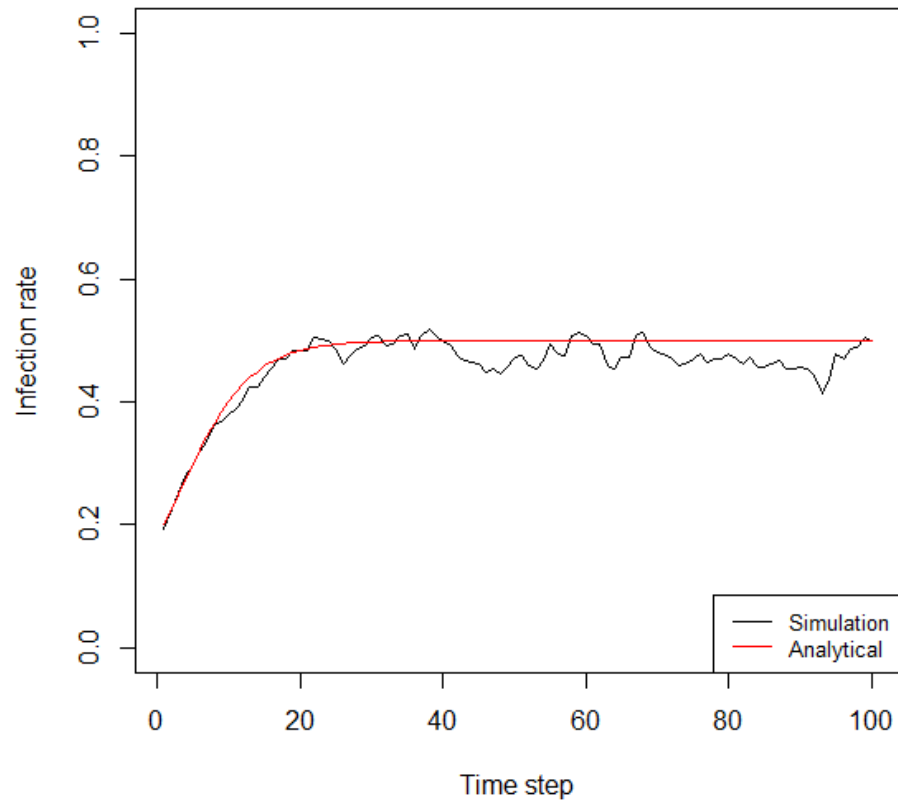
$$R(t + 1) - R(t) = (1 - R(t))p(1|0) - R(t)p(0|1).$$

Macrodynamica



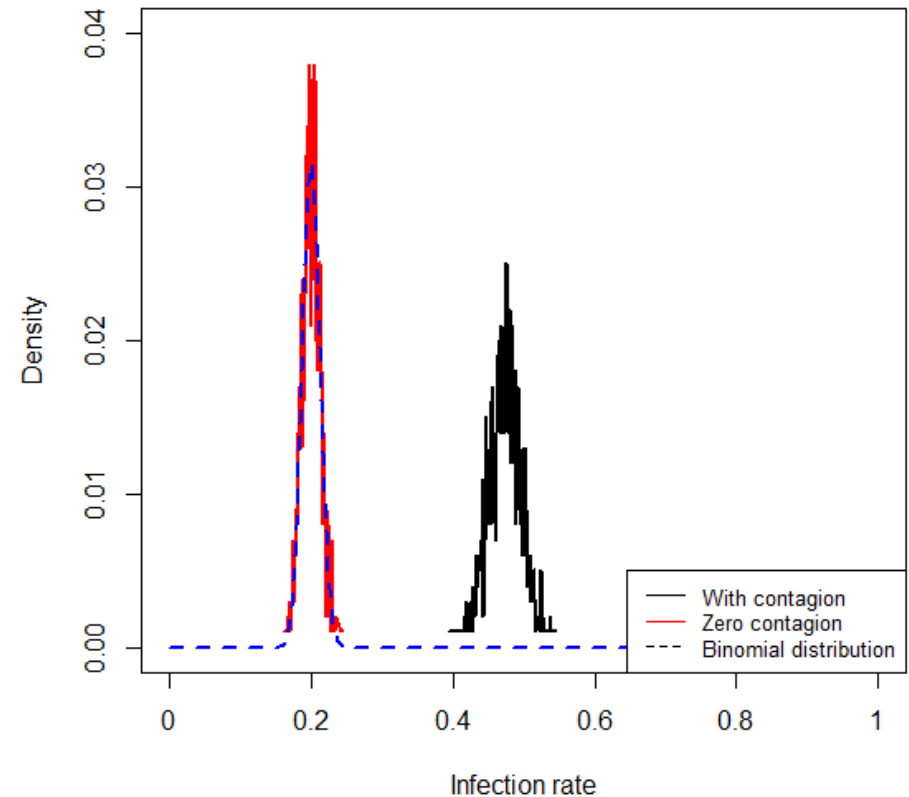
Netwerkmodellen – SIS model

SIS - Infection evolution



Differentiaalvergelijking is analytisch op te lossen

SIS - Infection rate distribution



Distributie van de besmettingsgraad is Gaussisch of Poisson

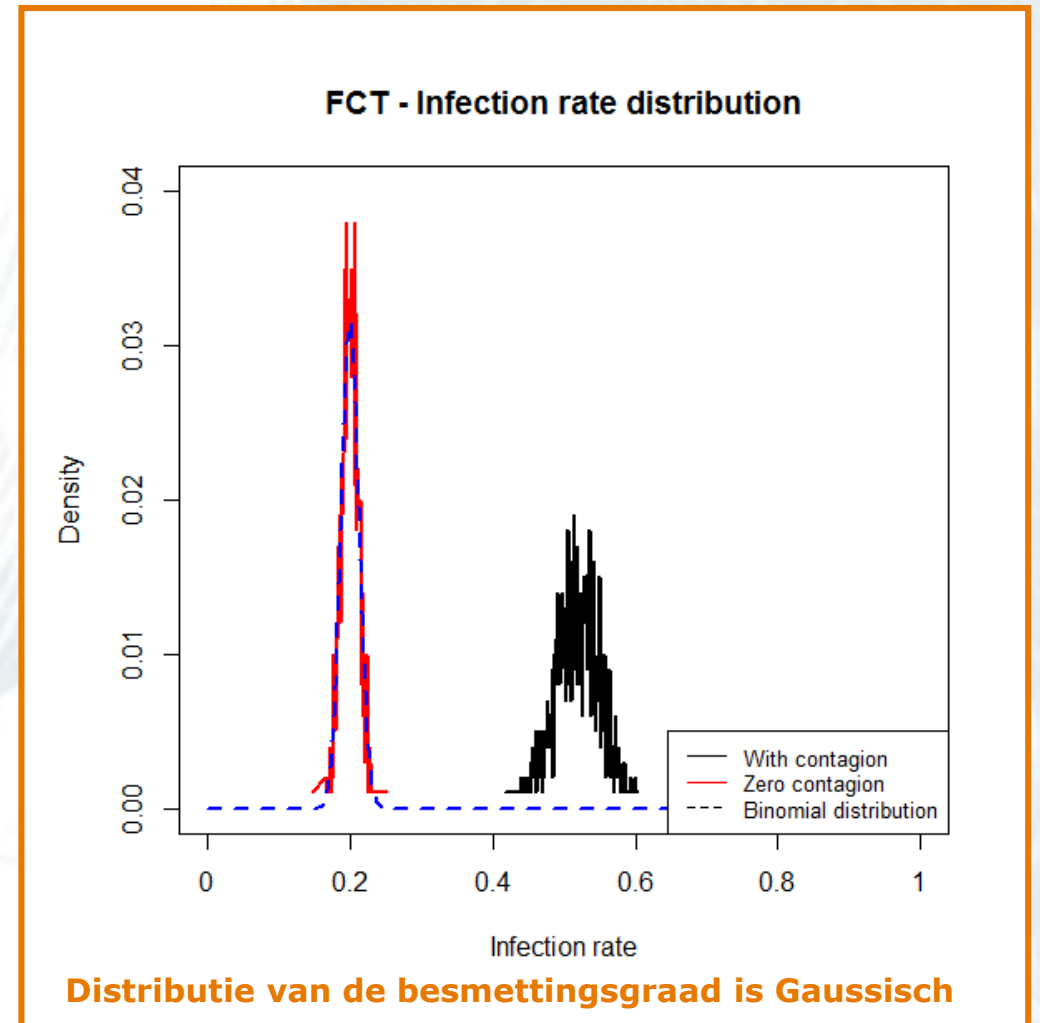


Netwerkmodellen – FCT model

Besmettingsdynamica wordt gegeven door besmettingskans q , gedurende **eindige tijd T** . Geen kans op herstel!

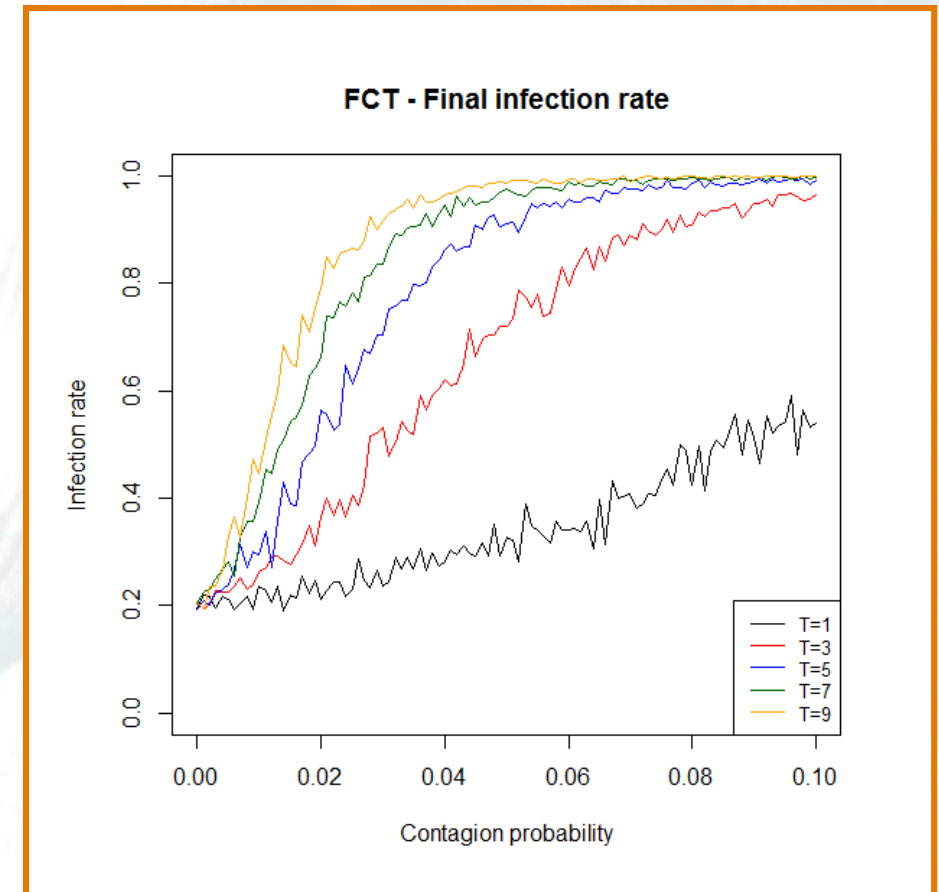
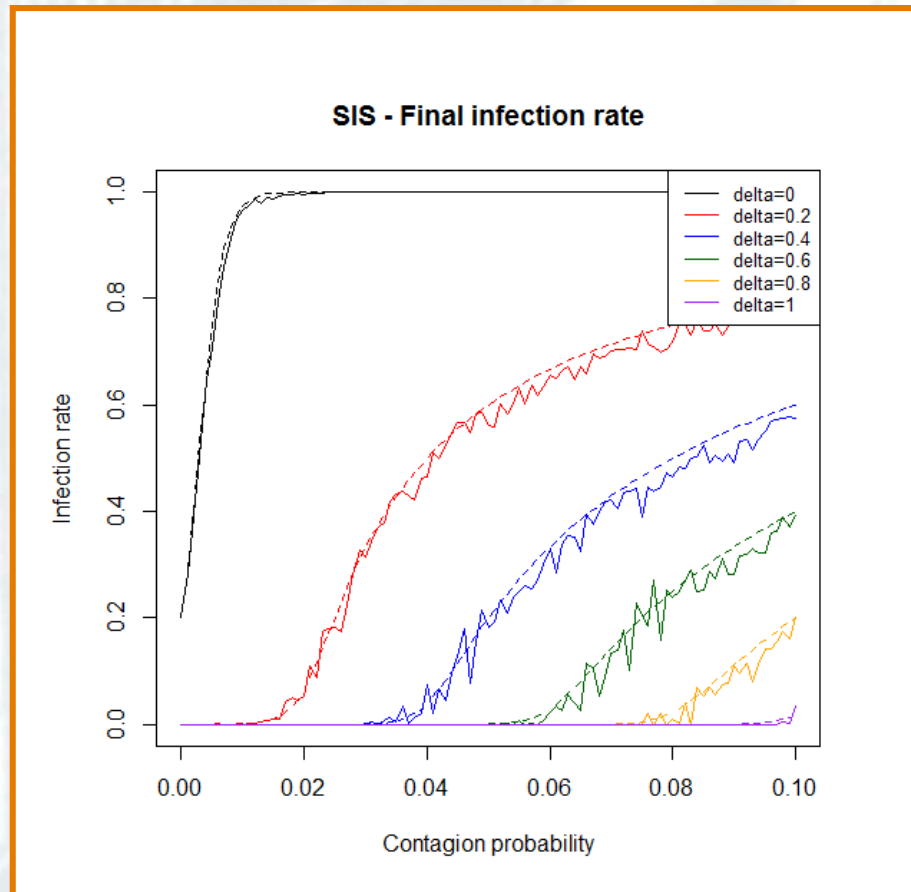
+ Conceptueel logischer

— Analytisch ingewikkelder





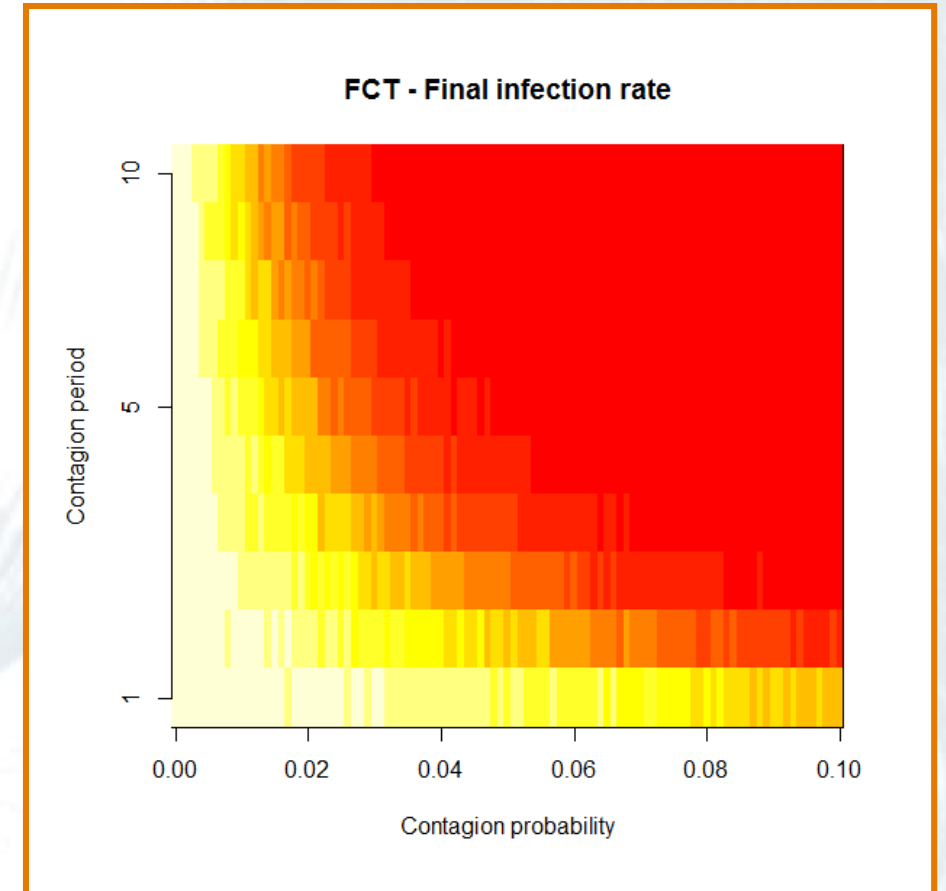
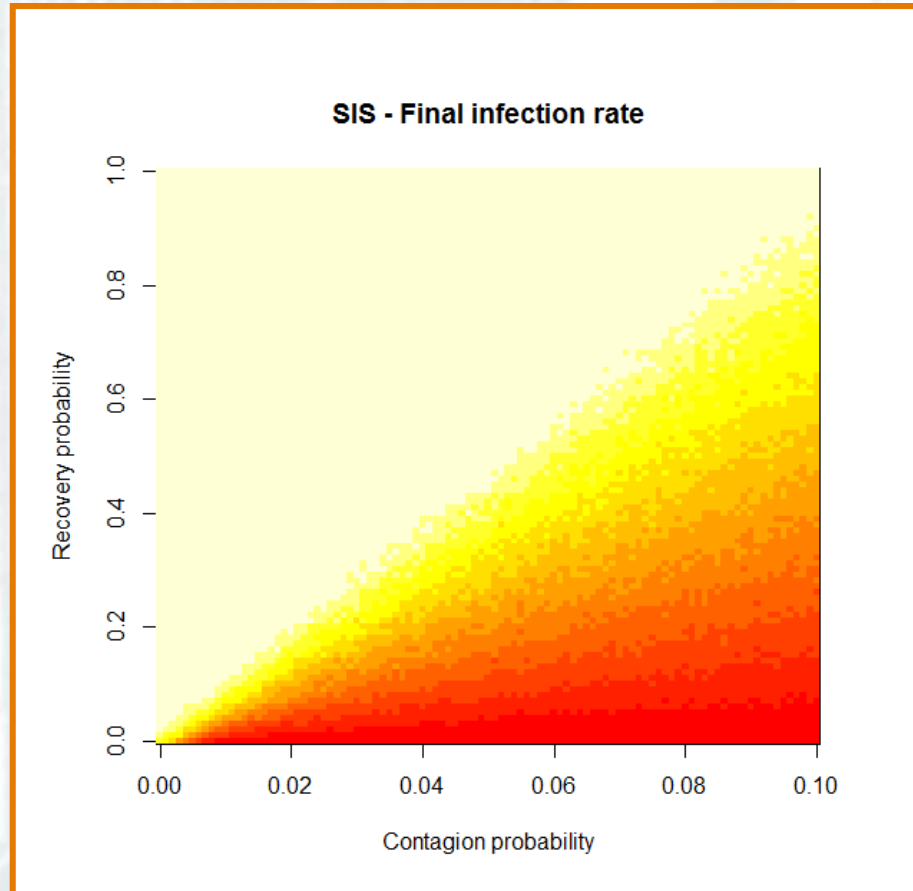
Kalibratie & gevoeligheid – Te veel parameters



Alleen de uiteindelijke besmettingsgraad is waarneembaar:
qua modellering zijn er te veel parameters.



Kalibratie & gevoeligheid – Robuustheid



De wijze waarop de overtolligheid van parameters wordt opgelost, heeft invloed op de robuustheid van het model



Conclusies

Zijn netwerkmodellen een praktisch en succesvol alternatief voor verzekeraars om cyberrisico te modelleren?

Netwerkmodellen

Hoe kan de **samenhangende natuur** van cyberrisico het best worden gemodelleerd?

Netwerkmodellen zijn zeker geschikt voor de actuaris en bieden een rijke dynamica

Kalibratie en gevoeligheidsanalyse

Gezien het **veranderlijke karakter** van cyberrisico, hoe robuust is de kwantificering?

Robuustheid is lastig, maar sommige modellen zijn hierin beter dan andere

Premiedifferentiatie

Is **premiedifferentiatie** o.b.v. risicoprofiel haalbaar?

Netwerkmodellen geven verder inzicht in premiedifferentiatie, zowel voor intrinsieke netwerkeigenschappen als toevoegingen

Cyber verzekeren in Solvency 2

Kunnen redelijke grenzen gesteld worden aan het **accumuleren** van cyberrisico?

Het is erg lastig om concrete grenzen te stellen, en de inschatting in Solvency 2 lijkt onderschat



Conclusies

Zijn netwerkmodellen een praktisch en succesvol alternatief voor verzekeraars om cyberrisico te modelleren?

Hoe kan de s

**Netwerk
actu**

Proof of concept als bruikbare techniek, complementair aan bestaande pricing-technieken

- Faciliteert verder onderzoek naar cyberrisico, waarvoor stabiele en betrouwbare data ontbreekt
- Biedt intuïtie in de onderliggende dynamica van cyberincidenten

Is **premie**

**Netwe
premie
netwerkeigenschappen als toevoegingen**

Inschattting in Solvency 2 lijkt onderschat

lyse

risico, hoe

ellen zijn

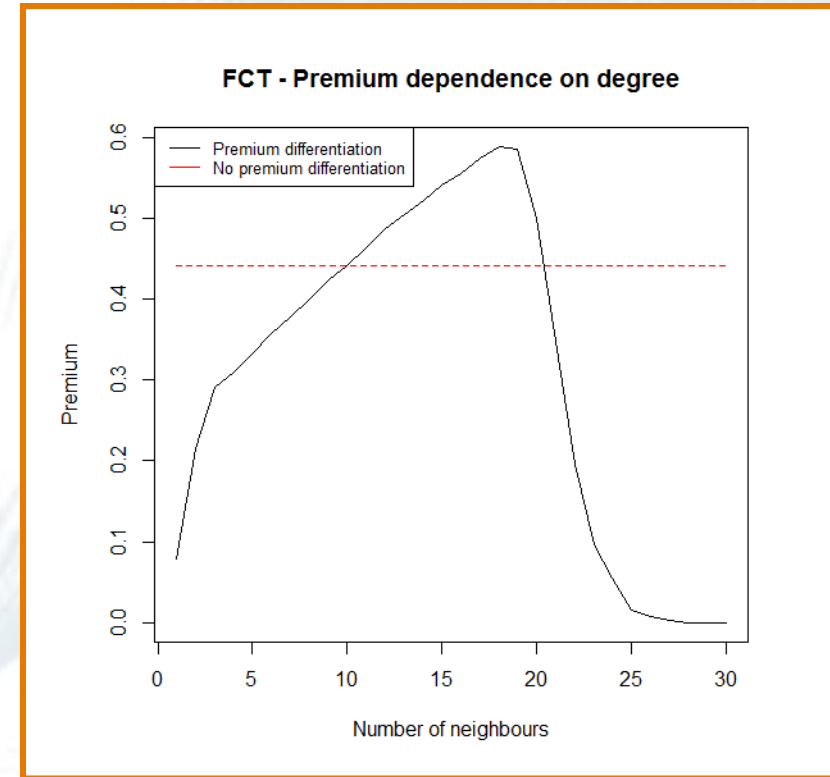
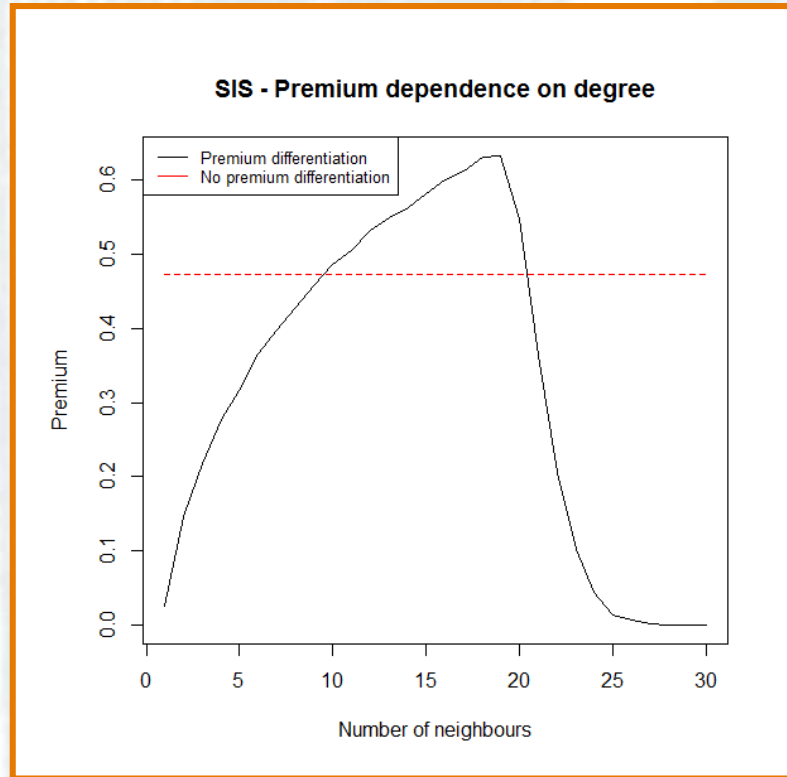
2

an het

ellen, en de



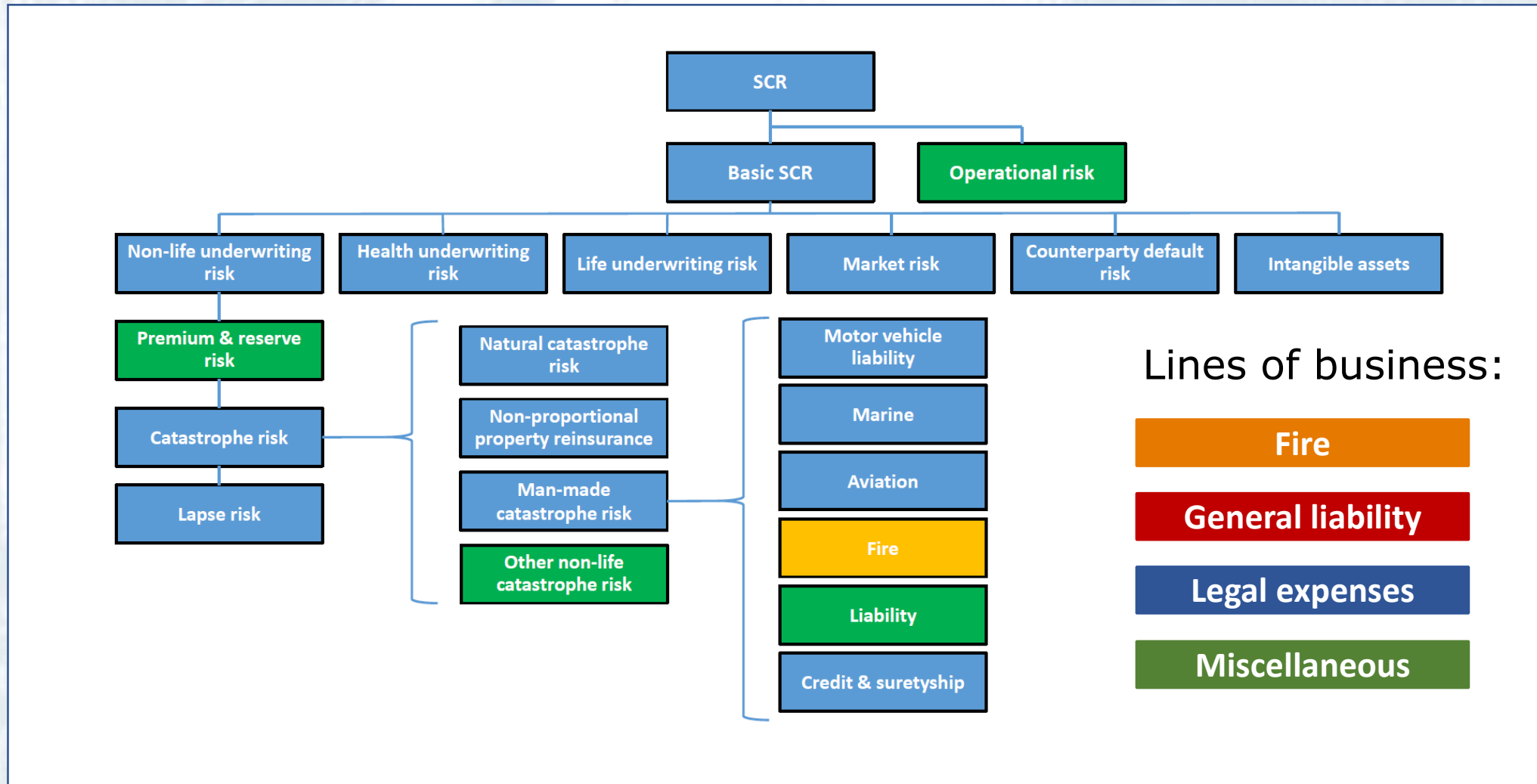
Premiedifferentiatie – Grootte van het bedrijf



- Premieafhankelijkheid is zoals verwacht
- Het FCT-model heeft een meer lineaire relatie dan het SIS-model
- Gegeven concaafheid van de relatie leidt een lineaire correctie voor de grootte van het bedrijf tot een conservatieve premiestelling



Solvency 2 – Waar vinden we cyberrisico?





Solvency 2 – Accumulatierisico

Premium & reserve risk

- Geografische diversificatie
- SF parameters zijn gekalibreerd in een tijd vóór de opkomst van cyberproducten
- Is de onderliggende distributie (voor de factor 3) toepasbaar voor cyberproducten?

Non-life catastrophe risk

- Geen scenario-gedreven aanpak, ook niet binnen de "Fire" LoB
- Factoren zijn typisch tussen de 0.5 en 1.5
- Correlatie tussen sub-groepen lijkt onderschat
- Gezien het model-risico, lijken ook de factoren onderschat

Accumulatie van cyberrisico is een zorg voor de verzekeringsindustrie, maar Solvency 2 lijkt hiermee nog niet compatibel te zijn