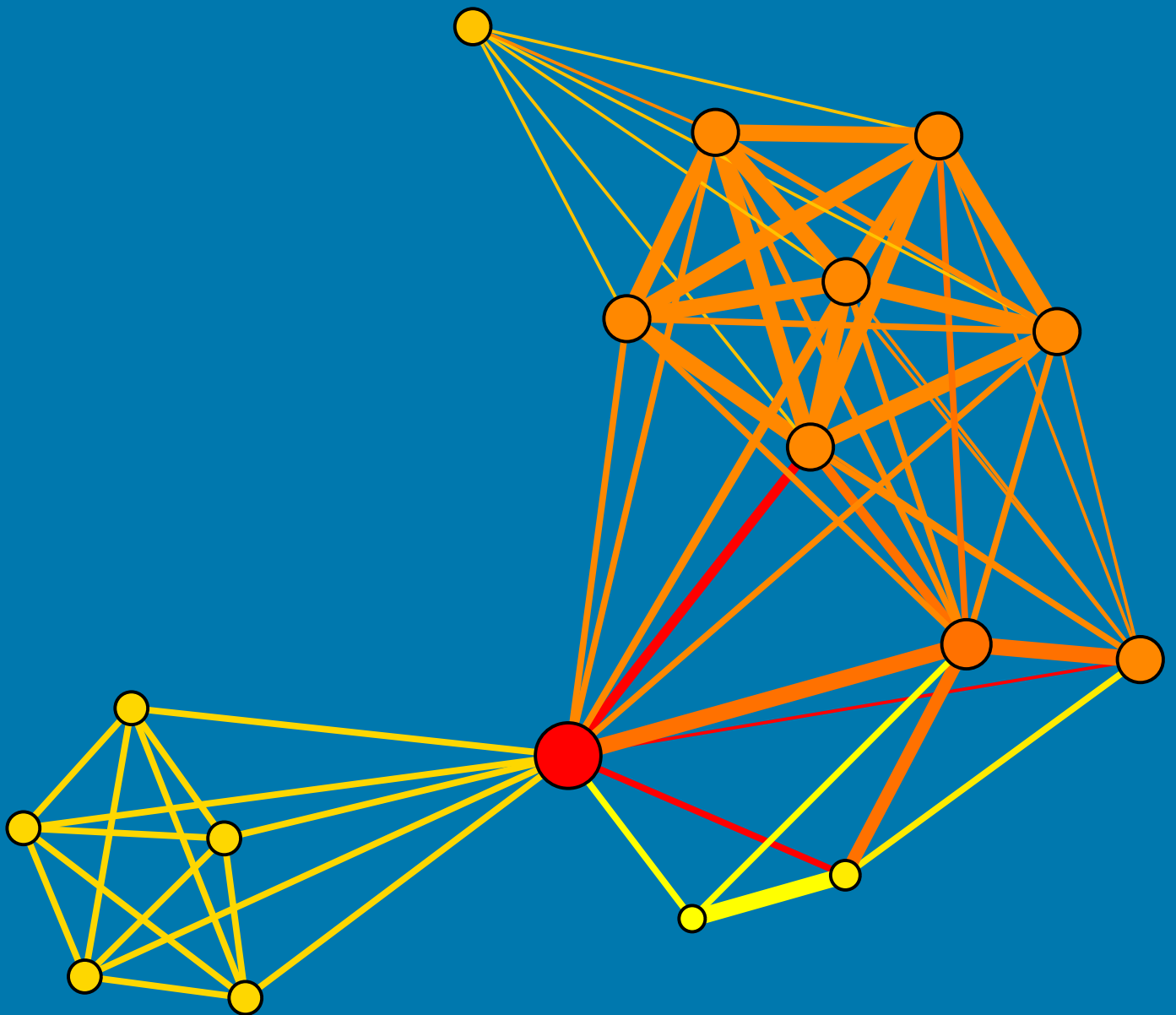


Centraliteitsanalyses van terroristische netwerken



Prof. dr. H.J.M. Hamers • Dr. B.G.M. Husslage • Ir. R.H.A. Lindelauf

Voorwoord

In dit rapport worden de bevindingen gepresenteerd van een literatuurstudie naar kwantitatieve, met name speltheoretische, methoden om belangrijke actoren in terroristische netwerken te identificeren. Daarnaast wordt een tweetal casussen gepresenteerd om toepassing van deze methodologie te illustreren. Dit onderzoek is uitgevoerd door wetenschappers van het departement Econometrie en Operations Research van Tilburg University en de Nederlandse Defensie Academie (NLDA), in opdracht van het Wetenschappelijk Onderzoek- en Documentatiecentrum (WODC) en op verzoek van de Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding (NCTb). De begeleidingscommissie bij dit project bestond uit de leden prof. dr. B.G.M. Volker (voorzitter), dr. H.C.J. van der Veen, drs. C.S. van Nassau en een strategisch analist van de NCTb. De auteurs danken de leden van deze commissie voor de open discussies tijdens de bijeenkomsten en de opbouwende kritiek die is geleverd op eerdere versies van dit manuscript. Daarnaast willen de auteurs Lt.Kol. N.W.A. Timmermans danken voor zijn constructieve commentaar.

Februari 2011, Tilburg

© 2011 WODC

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	7
1.1 Doelstelling van het onderzoek	10
1.2 Onderzoeksmethode en gegevensverzameling	11
1.3 Methodologische aannames	13
1.4 Opbouw van het rapport	14
2 Centraliteit en destabilisatie	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Standaard centraliteit	18
2.2.1 Graad centraliteit	19
2.2.2 Betweenness centraliteit	19
2.2.3 Closeness centraliteit	21
2.3 Speltheoretische centraliteit	22
2.3.1 Connectivity centraliteit	24
2.3.2 Weighted connectivity centraliteit	27
2.4 Introductie tot destabilisatie	29
2.4.1 De balans tussen informatie en veiligheid	30
2.4.2 Meten van destabilisatie	31
3 Casus 1: Jemaah Islamiyah in Bali	35
3.1 De aanslag in Bali	36
3.2 Centraliteitsanalyse	37
3.2.1 Standaard centraliteit	37
3.2.2 Speltheoretische centraliteit	39
3.2.3 Discussie	42
3.3 Introductie tot destabilisatie	43

3.4	Bevindingen	44
4	Casus 2: Al Qa'ida en 9/11	47
4.1	De aanslag van 11 september 2001	47
4.2	Centraliteitsanalyse	48
4.2.1	Standaard centraliteit	49
4.2.2	Speltheoretische centraliteit	51
4.2.3	Discussie	55
4.3	Introductie tot destabilisatie	56
4.4	Bevindingen	58
5	Conclusies en slotbeschouwing	59
5.1	Conclusies	59
5.2	Slotbeschouwing	62
	Summary	65
	Bibliografie	69

Samenvatting

Dit rapport richt zich op het identificeren van de belangrijke personen in een terroristisch netwerk. Ten eerste omdat vanuit dergelijke personen een dreiging uitgaat richting de Nederlandse samenleving. Ten tweede omdat de capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties per definitie schaars is en daardoor de focus slechts op een gedeelte van een terroristisch netwerk kan worden gericht.

Hoe kunnen belangrijke personen in terroristische netwerken worden geïdentificeerd door gebruik te maken van wiskundige, in het bijzonder speltheoretische, modellen? En hoe kan, op basis van kwantitatieve analyses, de capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties zo optimaal mogelijk worden ingezet om netwerkdestabilisatie toe te passen? Dat zijn de twee vragen die in dit onderzoek centraal staan.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is gebruik gemaakt van *centraliteitsanalyses*¹ uit de grafentheorie (met name sociale netwerkanalyse) en *power indices*² uit de speltheorie. Deze centraliteitsanalyses en power indices zijn toegepast op twee casussen uit de praktijk: de Jemaah Islamiyah aanslag in Bali in 2002 en de 9/11 operatie van Al Qa'ida. Bij de centraliteitsanalyses wordt gebruik gemaakt van de standaard centraliteitsmaten *graad*, *betweenness* en *closeness*. De graad centraliteitsmaat meet het aantal directe relaties dat een persoon in een netwerk onderhoudt. Met de betweenness centraliteitsmaat wordt gemeten in welke mate een persoon verschillende delen van het netwerk met elkaar verbindt. De closeness centraliteitsmaat is een weergave van hoe dicht een persoon in een netwerk tot alle andere personen staat. Naast deze standaard maten zijn twee op speltheorie gebaseerde centraliteitsmaten ontwikkeld en toegepast.

Uit analyse van de drie standaard centraliteitsmaten volgt dat deze maten zich richten op de structuur van een netwerk. Uit de onderzochte casussen komt echter naar voren dat vaak uit zowel open als gesloten bronnen extra informatie beschikbaar is over de perso-

¹Met een centraliteitsanalyse wordt door middel van het toepassen van een wiskundige formule op het netwerk getracht de vraag te beantwoorden wie de belangrijkste persoon in het netwerk is.

²Met een power index wordt op wiskundige wijze de macht van een persoon in een netwerk uitgedrukt. Deze index komt tot stand door het aandeel van een persoon in ieder mogelijk samenwerkingsverband te bepalen.

nen en hun onderlinge relaties binnen terroristische netwerken. Deze informatie kan zowel persoons- als relatiegebonden zijn. De onderzochte standaard centraliteitsmaten kunnen deze additionele informatie niet meenemen in hun analyse. Een manier om deze persoons- en relatiegebonden informatie in zijn totaliteit mee te nemen in de analyse van een terroristisch netwerk is door gebruik te maken van speltheorie. Dit komt doordat methoden uit speltheorie ieder mogelijk samenwerkingsverband tussen personen kunnen kwantificeren. Op deze manier is het mogelijk om maatwerk te leveren. Uit verdere analyse van de twee casussen blijkt tevens dat het onderscheidend vermogen van de speltheoretische *rankings*³ groter is dan bij de standaard centraliteitsmaten. Tenslotte herkennen de onderzoekers een duidelijke meerwaarde in het tegelijkertijd opstellen van meerdere rankings met behulp van zowel standaard als speltheoretische centraliteitsmaten. Dit laatste biedt de mogelijkheid om de rol van specifieke personen in het functioneren van het terroristische netwerk nog beter te duiden.

Voor analyse van de Jemaah Islamiyah casus zijn data uit open wetenschappelijke literatuur gebruikt. Deze data bestaan zowel uit netwerkinformatie als additionele informatie over de frequentie en duur van interactie tussen personen in het netwerk. De standaard centraliteitsanalyses van dit operationele netwerk nemen alleen de netwerkstructuur in ogenschouw. De onderzoekers tonen aan hoe met behulp van speltheoretische centraliteitsmaten ook relatiegebonden informatie (frequentie en duur van interactie) meegenomen kan worden in de identificatie van belangrijke personen. Zowel de standaard als de speltheoretische centraliteitsanalyses van het operationele netwerk van Jemaah Islamiyah in Bali wijzen dezelfde persoon aan als belangrijkste persoon binnen het netwerk. Deze persoon vormde als operationeel commandant een verbinding tussen twee clusters in het netwerk die beide bezig waren met het voorbereiden van de aanslag. Verwijdering van deze persoon uit het netwerk zou een groot destabiliserend effect hebben gehad op het functioneren van het netwerk. Uit vergelijking van de analyses valt tevens op dat de top 5 van personen in de speltheoretische centraliteitsanalyses significant verschilt van de top 5 van personen in de standaard centraliteitsanalyses. Daarnaast is het onderscheidend vermogen van de speltheoretische centraliteitsanalyses groter dan bij de standaard centraliteitsanalyses. Verder identificeert de speltheoretische analyse een van de zelfmoordterroristen als een van de personen in de top 3, terwijl deze persoon bij de standaard centraliteitsanalyses laag scoort. Achteraf kan worden geconcludeerd dat identificatie van deze zelfmoordterrorist op zijn minst een verstoring karakter op de operatie zou hebben gehad. Tenslotte wordt opgemerkt dat de combinatie van standaard centra-

³Een ranking is een ordening van personen, waarbij de belangrijkste persoon in het netwerk bovenaan staat en de minst belangrijke persoon onderaan.

liteitsanalyses met speltheoretische centraliteitsanalyses een rijker beeld oplevert van de belangrijkheid van personen in het operationele netwerk van Jemaah Islamiyah ten tijde van de aanslag in Bali in 2002.

Data die zijn gebruikt om het netwerk van kapers in de 9/11 casus van Al Qa'ida te analyseren komen wederom uit open wetenschappelijke literatuur. In deze casus wordt geïllustreerd hoe persoonsgebonden informatie, zoals beschikbaar uit rapportages over de 9/11 operatie, kan worden gekwantificeerd en gebruikt in een speltheoretische centraliteitsanalyse. Het valt ook hier op dat met standaard centraliteitsanalyses minder onderscheid kan worden gemaakt tussen de belangrijkheid van personen in het netwerk dan met behulp van speltheoretische centraliteitsanalyses. Zou verder de kaper die volgens de standaard centraliteitsanalyses het belangrijkste is worden verwijderd, dan zou het destabiliserende effect op het netwerk slechts gering zijn geweest. In de speltheoretische ranking komt deze kaper niet in de top 5 voor. De belangrijkste persoon volgens de speltheoretische centraliteitsanalyse blijkt de cruciale schakel te zijn tussen de kapers op een bepaalde vlucht en de rest van het operationele netwerk. Het verwijderen van deze persoon zou een groot destabiliserend effect op het netwerk hebben gehad.

De bevindingen in dit rapport geven uitvoerig antwoord op de vraag hoe belangrijke personen in terroristische netwerken geïdentificeerd kunnen worden met behulp van kwantitatieve methoden. Het blijkt dat de wiskundige disciplines grafentheorie en speltheorie bruikbaar zijn voor het inzichtelijk maken van belangrijke personen in terroristische netwerken evenals van de effecten van verwijdering van één of meer van de belangrijke personen uit die netwerken. De onderzoekers stellen dat met behulp van dergelijke kwantitatieve methodologie een beslissingsondersteunend systeem kan worden ingericht waarmee analyses ten behoeve van ambtenaren, beleidsmakers en politici op het gebied van terrorismebestrijding kunnen worden vormgegeven. Uit analyse van de Jemaah Islamiyah casus en de 9/11 casus blijkt dat rankings gebaseerd op speltheorie een relevante toevoeging leveren aan het identificeren van belangrijke personen in terroristische netwerken. Tevens concluderen de onderzoekers dat het observeren of isoleren van personen uit een terroristisch netwerk op basis van speltheoretische centraliteitsanalyses een grote destabiliserende werking op het netwerk heeft. Zowel bij de Jemaah Islamiyah casus als bij de 9/11 casus identificeren speltheoretische centraliteitsmaten de *backbones* van het netwerk. Dit komt mede doordat speltheorie ieder mogelijk samenwerkingsverband van personen in ogenschouw neemt. De standaard centraliteitsmaten graad, betweenness en closeness zijn slechts in staat tweetallen van personen te modelleren. Speltheoretische centraliteitsmaten bieden daarnaast de mogelijkheid om additionele informatie zoals persoonsgebonden aspecten (betrokkenheid bij aanslagen of tekenen van radicalisatie) en

relatiegebonden informatie (frequentie, duur, type communicatie) mee te nemen in de analyse.

Om de in dit onderzoek ontwikkelde kwantitatieve centraliteitsanalyses operationeel te implementeren dient allereerst een protocol te worden opgesteld waarmee kwalitatieve data kunnen worden gekwantificeerd. Hier dienen zowel domeindeskundigen (analisten) als wetenschappers bekend met de kwantitatieve methodologie bij betrokken te zijn. Daarnaast zal, afhankelijk van de context van het operationele probleem, maatwerk moeten worden geleverd door in samenspraak met domeinspecialisten en wetenschappers te komen tot een passende definitie van de speltheoretische centraliteitsmaat. De onderzoekers stellen dat dergelijke kwantitatieve centraliteitsanalyses een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan het identificeren van belangrijke personen in terroristische netwerken en daarmee nuttig zijn voor de aanpak van het gewelddadige en ontwrichtende fenomeen terrorisme.

HOOFDSTUK 1

Inleiding

Terrorisme is een gewelddadig fenomeen waarvan ook richting de Nederlandse samenleving een ontwrichtend karakter uitgaat. De kern van de dreiging van het jihadistisch terrorisme richting Europa in het algemeen en Nederland in het bijzonder komt nog steeds vanuit het Afghaans-Pakistaans grensgebied, zie jaarverslag AIVD (2009). Tijdens het schrijven van dit rapport waarschuwden verschillende regeringen, waaronder die van de Verenigde Staten, Groot-Brittannië, Japan en Australië, voor terroristische aanslagen in Europa. Deze aanslagen zouden gepleegd worden door een groep militanten uit EU-landen die getraind zouden zijn in het Afghaans-Pakistaans grensgebied (Maclean (2010)). Daarnaast wordt een toenemende dreiging vanuit Somalië en Jemen geconstateerd¹, zie jaarverslag MIVD (2008). Deze terroristische dreiging maakt het tijdig ontdekken, identificeren en opsporen van belangrijke actoren in nationaal en internationaal opererende heimelijke netwerken steeds relevanter.

De bestudering van het terroristische fenomeen is bij uitstek multidisciplinair. Historici en politicologen identificeren verschillende verschijningsvormen van terrorisme, denk bijvoorbeeld aan religieus terrorisme (zoals Army of God US), ideologisch terrorisme (zoals Rote Armee Fraktion), door de staat gesponsord terrorisme (zoals Khmer Rouge) of transnationaal terrorisme (zoals Al Qa'ida), zie Martin (2006). Kwalitatieve analyses trachten onder andere de verschillende verschijningsvormen te karakteriseren en op een taxonomische wijze eigenschappen van terroristische organisaties in kaart te brengen, zie bijvoorbeeld Mishal en Rosenthal (2005), Jackson (2006) en Wright (2006).

Naast deze belangrijke onderzoeksrichting heeft zich halverwege de vorige eeuw een volledig nieuw kwantitatief vakgebied ontwikkeld dat zich bezighoudt met het begrijpen van de aard en werking van netwerken, de zogenaamde *network science*, zie Newman

¹Tijdens het schrijven van dit rapport werden verdachte pakketten uit Jemen onderschept die vermoedelijk door het terroristisch netwerk Al Qa'ida op het Arabische Schiereiland (AQAP) waren verstuurd.

(2003). Het belang van het netwerkperspectief wordt onder andere onderstreept door Ressler (2006) die stelt dat op deze manier de structuur van de onderliggende organisatie beter begrepen kan worden. Er wordt immers niet alleen gekeken naar de karakteristieken van individuele leden maar ook naar hun onderlinge relaties. Vanuit het netwerkperspectief tracht men erachter te komen hoe deze relationele structuren gedrag sturen. Wasserman en Faust (1994) stellen op pagina 3:

“Many researchers have realized that the network perspective allows new leverage for answering standard social and behavioral science research questions by giving precise formal definition to aspects of the political, economic, or social structural environment.”

Het deelgebied van *network science* dat zich traditioneel richt op het analyseren en identificeren van belangrijke personen in een netwerk is de *sociale netwerkanalyse*, zie bijvoorbeeld Wasserman en Faust (1994).

Ook terroristische organisaties kunnen vanuit het perspectief van netwerken bestudeerd worden. Immers, terroristische organisaties worden gevormd door personen, en deze personen onderhouden in meer of mindere mate op allerlei verschillende manieren contacten met elkaar en hun sociale omgeving. Door het verzamelen en analyseren van deze netwerkgegevens kan inzicht in de organisatie worden verkregen. Dankzij de technische revolutie, waardoor de opslagcapaciteit en rekenkracht van computers enorm is toegenomen, is het mogelijk steeds meer menselijke gedragingen te vangen in digitale sporen. De aldus verkregen enorme hoeveelheid data is onmogelijk handmatig te analyseren. Mede hierdoor is de laatste decennia de computerwetenschap een steeds prominentere rol gaan spelen bij het analyseren van sociale netwerken. Toepassing van deze computationele sociale netwerkanalyse binnen het domein van terrorisme is nog vrij beperkt. Dit ondanks het feit dat terroristische actoren zelden bestaan uit individualisten of geïsoleerde groepen van samenwerkende personen, maar eerder opereren in fluïde netwerken waarbij actoren vanuit verschillende samenwerkingsverbanden contacten met elkaar onderhouden, zie Lindelauf (2009). Met andere woorden, ook binnen het domein van terrorisme is het netwerkperspectief relevant. Voorbeelden van dergelijke kwantitatieve analyses betreffen Carley et al. (2003), Farley (2003), Atran en Sageman (2006), Koschade (2006) en Magouirk et al. (2008).

Binnen de wiskunde is het vooral het deelgebied van de *grafentheorie* dat zich bezighoudt met het modelleren en bestuderen van eigenschappen van netwerken. Met behulp van zogenaamde centraliteitsanalyses uit de grafentheorie kunnen *rankings* van personen verkregen worden. Met deze centraliteitsanalyses tracht men de vraag te beantwoorden

hoe belangrijk een persoon in het netwerk is². Centraliteitsmaten uit de grafentheorie maken vooral gebruik van de netwerk*structuur*, door een waarde toe te kennen aan een directe relatie tussen twee personen. Een andere tak van de wiskunde waarmee rankings van personen, op basis van netwerkstructuur en additionele informatie, gemaakt kunnen worden is de zogenaamde *speltheorie*.

Speltheorie, in de jaren veertig van de vorige eeuw ontwikkeld, richt zich op het modelleren van de strategische interactie tussen personen (ook wel *spelers* genoemd). In 1944 publiceerde Princeton University Press de klassieker ‘Theory of Games and Economic Behavior’ van Neumann en Morgenstern (1944). In dat boek werkten John von Neumann en Oskar Morgenstern een wiskundige theorie over sociale en economische interactie uit. De hieruit voortgekomen speltheorie wordt sindsdien gebruikt om tal van praktische situaties te modelleren, van wapenwedlopen tot salarisonderhandelingen van professionele honkbalspelers. De speltheorie is grofweg onder te verdelen in de niet-coöperatieve speltheorie en de coöperatieve speltheorie. Kern van de coöperatieve speltheorie is het analyseren van de uitkomsten die resulteren uit het samenwerken van spelers (in zogenaamde *coalities*). Ook in terroristische netwerken spelen dergelijke samenwerkingsverbanden een rol³. Deze kristalliseren zich uit in netwerkstructuren die meetbaar en analyseerbaar zijn. Met behulp van speltheoretische centraliteitsmaten, ook wel bekend als *power indices*, kunnen rankings van de spelers worden gemaakt. Dit zijn ordeningen naar belangrijkheid, gebaseerd op de waarde die spelers genereren door hun (mogelijke) participatie in coalities met andere spelers. Dergelijke speltheoretische *power indices* maken gebruik van zowel de netwerkstructuur als van een toegekende waarde aan elke coalitie van spelers. Het toekennen van deze waarden maakt het mogelijk terroristische netwerken beter wiskundig te modelleren. Daarom spelen in dit rapport centraliteitsanalyses gebaseerd op de coöperatieve speltheorie een prominente rol.

Samengevat: De combinatie van grafentheorie en speltheorie maakt het mogelijk om niet alleen de structuur van een terroristisch netwerk, maar ook de mogelijke samenwerking tussen personen in het netwerk te modelleren. Tevens maakt de speltheorie het mogelijk om extra informatie over personen en hun onderlinge relaties mee te nemen in de analyse van het netwerk. Op deze manier kan beter inzicht worden verkregen in de mate van belangrijkheid van personen in het terroristische netwerk.

²In dit rapport worden de termen ‘centrale persoon’ en ‘belangrijke persoon’ als synoniem beschouwd.

³In de context van dit rapport worden spelers geïdentificeerd met terroristen.

1.1 Doelstelling van het onderzoek

Doel van dit onderzoek is te komen tot een eerste aanzet van een beslissingsondersteunend instrument ten behoeve van analyses voor de ambtelijke en politieke leiding en beleidsmakers op het gebied van terrorismebestrijding. Dit beslissingsondersteunende systeem is gebaseerd op kwantitatieve netwerkanalyses door middel van speltheorie en grafentheorie. Met behulp van de speltheorie en grafentheorie kunnen immers terroristische netwerken geanalyseerd worden. Dergelijke analyses zullen vooral leiden tot *rankings* van de personen binnen een netwerk. Met andere woorden, de personen kunnen geordend worden naar mate van belangrijkheid. We richten ons hierbij met name op de mate waarin personen een rol spelen in het functioneren van het netwerk, bijvoorbeeld met betrekking tot het doorgeven van informatie binnen het netwerk. De opgestelde rankings helpen bepalen welke personen geobserveerd dienen te worden en hoe de beschikbare inlichtingen- en opsporingsmiddelen optimaal ingezet kunnen worden. Rankings spelen tevens een rol bij het opstellen van destabilisatiestrategieën. Ofwel, welke personen dienen uit het netwerk verwijderd te worden zodat het netwerk niet meer (goed) functioneert?

Zowel centraliteitsanalyses uit de grafentheorie als *power indices* uit de speltheorie beogen bovengenoemde rankings te creëren. In dit rapport zal dan ook verder onderzocht worden waar de meerwaarde van met name de speltheorie ten opzichte van de grafentheorie ligt in het creëren van dergelijke rankings van personen in terroristische netwerken. Daarnaast wordt gekeken hoe standaard centraliteitsmaten (uit de grafentheorie) en speltheoretische centraliteitsmaten naast elkaar kunnen worden gebruikt om beter zicht te krijgen op de belangrijkheid van personen in een netwerk. Tevens kunnen standaard centraliteitsanalyses uit de grafentheorie, uitgebreid met speltheoretische concepten, behulpzaam zijn in het inrichten van netwerkdestabilisatie. Immers, nadat centrale actoren in het netwerk zijn geïdentificeerd kunnen acties worden ondernomen om de aldus blootgelegde spilfiguren te observeren, danwel te isoleren of te verwijderen uit het netwerk. Met andere woorden, netwerkdestabilisatie kan worden toegepast. Het identificeren van effectieve destabilisatiestrategieën, gebaseerd op bovenstaande speltheoretische centraliteitsanalyses, is van belang om de effectiviteit en kwaliteit van deze heimelijke netwerken zo goed mogelijk te ondermijnen. Allereerst omdat bijvoorbeeld inlichtingenmiddelen schaars zijn en deze dus zo optimaal mogelijk toegekend dienen te worden. Ten tweede omdat gewelddaden en terroristische acties ernstige maatschappelijke gevolgen teweeg kunnen brengen. Deze studie geeft een eerste aanzet tot het bestuderen van het destabiliserende effect dat het isoleren of verwijderen van één of meerdere personen uit het netwerk heeft, indien deze personen zijn geïdentificeerd met voorgenoemde

centraliteitsanalyses.

Doelstellingen van deze studie zijn:

1. *genereren van een overzicht van kwantitatieve, met name speltheoretische, methoden om belangrijke actoren in terroristische netwerken te identificeren (centraliteitsanalyse), inclusief de voor- en nadelen per methode;*
2. *verkennen van de mogelijkheden om inzicht te krijgen in de effecten van verwijdering van één of meer van de belangrijke personen (netwerkdestabilisatie) ter bepaling van de optimale inzet van capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties.*

De opgestelde methode voor centraliteitsanalyse en netwerkdestabilisatie wordt geïllustreerd aan de hand van een tweetal casussen.

1.2 Onderzoeksmethode en gegevensverzameling

Deze studie heeft het karakter van een literatuurstudie, waarbij een tweetal concrete casussen gehanteerd zal worden om de toepassing van centraliteitsanalyse en netwerkdestabilisatie te illustreren. Er wordt aangetoond dat de ontwikkelde speltheoretische methodologie goed werkt voor deze twee casussen. De nadruk van de studie ligt dan ook in het operationeel en bruikbaar maken van de theorie. De gebruikte bronnen bestaan uit wetenschappelijke publicaties, rapporten van onderzoeksinstituten, overheids- en internationale organisaties en openbare databases. De aard van het onderzoek is kwantitatief.

Bij de studie van netwerken kunnen de interacties tussen de elementen waaruit het netwerk bestaat gemeten worden. Tegenwoordig kunnen dergelijke interacties zelfs geautomatiseerd verkregen worden dankzij de enorme hoeveelheid digitale sporen die achter worden gelaten door menselijke gedragingen (denk bijvoorbeeld aan telecommunicatie-data, e-mail of financiële transacties).

Voor toepassing van de centraliteitsmaten is gebruik gemaakt van een tweetal casussen, te weten de Jemaah Islamiyah aanslag in Bali in 2002 en de 9/11 operatie van Al Qa'ida. De data die horen bij deze casussen zijn verkregen uit de wetenschappelijke literatuur. Hierbij dient dan ook opgemerkt te worden dat te verwachten valt dat dergelijke data minder rijk zijn dan data waarover inlichtingendiensten beschikken. Daarnaast dienen de volgende punten in het achterhoofd gehouden te worden bij het uitvoeren van netwerkanalyses, zie Sparrow (1991):

1. Onvolledigheid: er zullen personen en relaties zijn die nog niet aan het licht zijn gekomen.

2. Begrenzing: de keuze betreffende welke personen wel en welke personen niet mee te nemen in de analyse.
3. Dynamiek: gezien de veranderende aard van het netwerk zal de analyse altijd een momentopname betreffen.

Het effect van het eerste punt, onvolledigheid, speelt uiteraard ook een rol in dit rapport. Er wordt immers alleen geput uit bronnen uit de open academische literatuur. Over het tweede punt zou men in het algemeen kunnen stellen dat zo veel mogelijk informatie als aanwezig is zou moeten worden meegenomen in de analyse. Uiteraard kan rekenkracht van computers een beperkende factor zijn. In dit rapport zijn de netwerken automatisch afgebakend door het gebruik van data uit de open academische literatuur. Het valt niet binnen het bestek van deze studie om verder onderzoek te doen naar de afbakening van de gebruikte netwerken. Wat betreft het laatste punt, dynamiek, dient opgemerkt te worden dat het volgens een vaste regelmaat doen van een netwerkanalyse een eerste stap zou zijn om veranderingen als gevolgen van dynamiek op te vangen. Dynamiek is voor de reikwijdte van dit onderzoek niet tot nauwelijks van belang. Wel dient opgemerkt te worden dat het aanvullen van data uit open bronnen met geclassificeerde data de dataset aanzienlijk rijker en realistischer zou maken, iets wat de uiteindelijke analyse ten goede komt. Voor deze rapportage zijn slechts niet-geclassificeerde data gebruikt.

Literatuur over terroristische netwerken is vaak anekdotisch en casussen worden vooral vanuit een historisch perspectief bekeken, zie Asal et al. (2007). Om uit dergelijke literatuur kwantitatieve netwerkdata te onttrekken is lastig en tijdsintensief. Men kan stellen dat het gebrek aan goede, betrouwbare, vrij toegankelijke en gevalideerde data één van de beperkingen is bij het maken van gedegen kwantitatieve analyses betreffende terrorisme, zie Magouirk et al. (2008).

Er zijn verschillende manieren denkbaar waarop men aan data over de structuur van een terroristisch netwerk kan komen. Dit hangt nauw samen met de keuze van observatie-eenheid. Kiest men voor de individuele persoon als observatie-eenheid dan kan men door middel van interviews, rapportages of observatie data verzamelen betreffende deze eenheid. Kiest men voor observatie-eenheid de zogenaamde *dyade*, met andere woorden de interactie tussen personen, dan is een geautomatiseerd systeem, waarbij digitale signalen (zoals communicatie via telefoon of internet) worden vertaald naar relaties tussen personen, een voor de hand liggende manier om data te verzamelen. Merk op dat het extraheren van dergelijke informatie uit rapporten erg arbeidsintensief is. Overigens zou dit ook een taak kunnen zijn die met geavanceerde *datamining* technieken geautomatiseerd wordt. In dit rapport gebruiken we data uit open wetenschappelijke literatuur die

het individu en de dyade als observatie-eenheid hebben.

De resulterende netwerken zijn gebaseerd op heterogene data. Met andere woorden, niet alleen is bekend wie met wie in contact staat, maar vaak is er ook andere informatie beschikbaar. Denk bijvoorbeeld aan de duur, frequentie en tijdstippen van communicatie, de geografische locatie of het *soort* informatiestroom (geld, e-mail, drugs), of informatie over de betrokken personen, zoals leeftijd, nationaliteit, politieke affiliatie, opleiding, enzovoort.

De kwantitatieve netwerkdata die zijn gebruikt voor het bestuderen van de Jemaah Islamiyah casus komen uit de wetenschappelijke literatuur, met name het artikel van Koschade (2006). Betreffende de casus van Al Qa'ida en de aanslag van 11 september wilden de onderzoekers aanvankelijk gebruik maken van de openbare dataset van de John Jay & ARTIS Transnational Terrorism Database van de Universiteit van Austin. Een grote beperking van deze dataset is echter de anonieme codering van de betrokken personen, waardoor interpretatie van de resultaten van de analyse danig beperkt wordt. Uiteindelijk is voor de analyse van de Al Qa'ida casus dan ook gekozen voor een dataset betreffende 9/11 uit de open wetenschappelijke literatuur (Krebs (2002)). Daarnaast is het '9/11 commission report' van Kean et al. (2002) gebruikt om additionele data over bepaalde personen te verkrijgen.

1.3 Methodologische aannames

Alle in dit rapport besproken netwerken worden als gegeven beschouwd. Merk op dat dit impliceert dat deze netwerken onvolledig, begrensd en statisch van karakter zijn, zie paragraaf 1.2.

De coöperatieve speltheorie is gebaseerd op het toekennen van een waarde aan *alle* mogelijke coalities van een verzameling spelers. Op basis van een dergelijke waardetoe-kening aan coalities doet de speltheorie uitspraken over de 'kracht' van spelers via een zogenaamde power index. In dit rapport gebruiken we de *Shapleywaarde* als power index om centraliteit van spelers te meten. Hierbij wordt aangenomen dat de 'kracht' van een speler afhangt van zijn marginale bijdrage aan coalities. Hoe meer waarde een speler aan coalities toevoegt, hoe krachtiger hij is. Merk overigens op dat rationaliteit van spelers *geen* expliciete aanname is binnen de coöperatieve speltheorie.

Achter de standaard centraliteitsmaten (uit de grafentheorie) gebruikt in dit rapport zitten een aantal veronderstellingen. Bij de graad centraliteitsmaat wordt aangenomen dat belangrijkheid van een persoon in een netwerk evenredig is met het aantal directe relaties dat deze persoon onderhoudt. De closeness centraliteitsmaat veronderstelt dat

de tijd die nodig is voor een entiteit (bijvoorbeeld informatie, pakketjes of wapens) binnen het netwerk om van de ene (bron) tot de andere persoon (bestemming) te komen, evenredig is met het aantal personen dat zich tussen bron en bestemming bevindt. Closeness is gebaseerd op de gedachte dat belangrijkheid van een persoon evenredig is met de *tijd tot aankomst* van entiteiten die via hem verzonden worden. De gedachte achter de betweenness centraliteitsmaat is dat belangrijkheid van een persoon in het netwerk evenredig is met *hoe vaak* entiteiten die persoon passeren.

Bij de speltheoretische connectivity centraliteitsmaat wordt aangenomen dat de waarde van een coalitie bepaald wordt door de mogelijkheid om te kunnen communiceren binnen die coalitie. De weighted connectivity centraliteitsmaat veronderstelt dit ook. Bij de weighted centraliteitsanalyse van de Jemaah Islamiyah casus wordt tevens aangenomen dat de deelnemers van een netwerk trachten belangrijke personen af te schermen door frequentie en duur van interactie laag te houden, maar toch voldoende verbindingen met de rest van het netwerk te onderhouden.

Bij netwerkdestabilisatie wordt aangenomen dat inzicht in de belangrijke personen in een netwerk evenals inzicht in de effecten van verwijdering van die personen randvoorwaardelijk is voor een optimale inzet van schaarse capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties. Netwerkdestabilisatie wordt gemeten door middel van de balans tussen potentie van informatie-uitwisseling en veiligheid die de deelnemers van een netwerk trachten te bereiken. Er wordt aangenomen dat de tijdvertraging bij het rondsturen van informatie in een netwerk proportioneel is met het aantal relaties dat dergelijke informatie moet passeren.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 van het rapport worden de methodologische grondslagen van het meten van centraliteit en destabilisatie besproken. Paragraaf 2.2 behandelt de meest gangbare standaard centraliteitsmaten uit de grafentheorie en paragraaf 2.3 introduceert speltheoretische centraliteitsmaten. In paragraaf 2.4 zal het meten van destabilisatie van terroristische netwerken worden toegelicht. Na deze methodologische grondslagen wordt centraliteit en destabilisatie geïllustreerd aan de hand van een tweetal casussen. Hoofdstuk 3 beschrijft de aanslag van Jemaah Islamiyah in Bali in 2002. Zowel een standaard als een speltheoretische centraliteitsanalyse zal worden gegeven. Daarnaast wordt onderzocht wat het destabiliserende effect zou zijn geweest indien enkele personen zouden worden verwijderd uit het netwerk. Hoofdstuk 4 bevat een soortgelijke analyse maar dan van de 9/11 casus betreffende Al Qa'ida. In hoofdstuk 5 worden tenslotte de conclusies

en een slotbeschouwing van het onderzoek gepresenteerd.

In de lopende tekst zijn op verschillende plaatsen kaders opgenomen. In deze kaders wordt dieper ingegaan op de gebruikte wiskundige theorie. Deze kaders kunnen bij eerste lezing worden overgeslagen.

HOOFDSTUK 2

Centraliteit en destabilisatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op de methodologische aspecten van het meten van centraliteit en destabilisatie in netwerken. In het algemeen worden dergelijke centraliteitsanalyses uitgevoerd om netwerkstructuren te analyseren en relaties tussen personen beter te begrijpen. In het kader van het bestuderen van terroristische netwerken is één van de kernvragen: “wie is de belangrijkste persoon?”

Centraliteit van personen in netwerken wordt al geruime tijd bestudeerd, vooral vanuit een sociologisch perspectief, en wordt sinds de jaren '70 van de vorige eeuw gecombineerd met wiskundige grafentheorie, zie bijvoorbeeld Wasserman en Faust (1994). Een goed overzicht van de grafentheorie is terug te vinden in Bollobas (1998). Veel verschillende wiskundige formules in de grafentheorie zijn voorgesteld om het concept centraliteit te kwantificeren. Borgatti en Everett (2006) hebben een indeling van een aantal van dergelijke wiskundige centraliteitsformules in categorieën voorgesteld door te kijken naar de betrokkenheid van personen in het netwerk bij de uitwisseling van allerlei entiteiten (denk hierbij bijvoorbeeld aan informatie, pakketjes of wapens) in dat netwerk. De vraag is hoe vaak of hoe lang personen bij deze uitwisseling betrokken zijn. De typologie van centraliteitsformules die Borgatti en Everett voorstellen is gebaseerd op het soort informatiestromen (bijvoorbeeld via de kortste route of over paden) en de methode van verspreiding (bijvoorbeeld via overdracht of verzending). Één van de belangrijkste conclusies uit die studie is dat standaard centraliteitsformules vaak verkeerd worden toegepast in de praktijk vanwege het feit dat de aannames die impliciet achter de constructie van dergelijke centraliteitsformules zitten niet overeenkomen met de context van de toepassing. Bijvoorbeeld, een closeness centraliteitsanalyse (zie paragraaf 2.2.3) van een

drugsmokkelnetwerk zegt niets over *hoe vaak* personen betrokken zijn bij het uitwisselen van drugspakketten, maar eerder iets over de tijd waarin pakketten door het netwerk stromen. De gebruiker van deze methodologie dient dan ook altijd de centraliteitsformule in overeenstemming met de context te brengen.

Ander onderzoek binnen de sociale netwerkanalyse richt zich op het identificeren van deelverzamelingen van personen in netwerken. Hierbij wordt aangenomen dat bepaalde groepen van individuen meer invloed hebben dan anderen vanwege hun structurele positie die zij in het netwerk innemen en hun samenhang met de stroom van informatie door het netwerk, zie bijvoorbeeld Kolaczyk et al. (2009). Empirische studies, zoals Merida-Campos en Willmott (2007), Barrat et al. (2008) en Dominguez (2008), lijken deze claim te bevestigen. Het *betweenness* centraliteitsconcept (zie paragraaf 2.2.2) is dan ook uitgebreid om dergelijke deelverzamelingen van personen te identificeren, zie bijvoorbeeld Everett en Borgatti (1999) of meer recent Kolaczyk et al. (2009). Echter, alle bovengenoemde studies beperken zich tot het analyseren van de netwerkstructuur. Andere informatie die over de personen (of hun relaties) in het terroristisch netwerk aanwezig is kan niet worden meegenomen in dergelijke analyses.

Wiskundige notatie voor netwerken^a

Een netwerk g is een geordend paar (N, E) . Hierbij is N de eindige verzameling van personen (knopen) en E de verzameling van relaties (kanten) tussen die personen. Een kant $\{i, j\}$ verbindt de personen i en j en wordt ook wel genoteerd met ij . De orde van een netwerk is het aantal personen $|N|$ in dat netwerk en de grootte is het aantal kanten $|E|$. De *graad* van een persoon in het netwerk is het aantal personen met wie hij in het netwerk direct verbonden is. We noteren de graad van persoon i in netwerk g met $d_i(g)$. De kortste afstand (gemeten aan het aantal kanten dat men moet afleggen) tussen persoon i en j wordt de *geodetische* afstand tussen i en j genoemd. De geodetische afstand tussen personen i en j in g wordt genoteerd met $l_{ij}(g)$. Er geldt dat $l_{ij}(g) = l_{ji}(g)$. De totale afstand in een netwerk wordt gedefinieerd als $T(g) = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} l_{ij}(g)$.

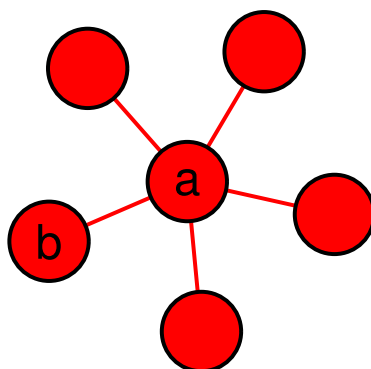
^aIn de kaders wordt dieper ingegaan op de gebruikte wiskundige theorie. Deze tekst kan bij eerste lezing worden overgeslagen.

2.2 Standaard centraliteit

De drie bekendste graaftheoretische centraliteitsmaten uit de sociale netwerkanalyse zijn de *graad*, *betweenness* en *closeness* centraliteit. In deze paragraaf lichten we ieder van deze drie centraliteitsmaten toe aan de hand van een voorbeeld.

2.2.1 Graad centraliteit

De meest eenvoudige centraliteitsmaat is de zogenaamde *graad* centraliteit, geïntroduceerd door Freeman (1979). De graad van een persoon in een netwerk is gelijk aan het aantal personen met wie deze persoon in het netwerk een relatie onderhoudt. Met andere woorden, de graad van een persoon is gelijk aan het aantal directe relaties van deze persoon in het netwerk.



Figuur 2.1: Voorbeeld van een ‘ster’netwerk.

Over het algemeen wordt de graad centraliteit uitgedrukt in het percentage van het netwerk waarmee een bepaalde persoon direct verbonden is. In dit rapport zullen wij daarom gebruik maken van deze *genormaliseerde* graad centraliteit. Zo is bijvoorbeeld de graad centraliteit van de persoon aangeduid met a in het ‘ster’netwerk in figuur 2.1 gelijk aan $C_{graad}(a) = 1$, terwijl voor persoon b geldt dat $C_{graad}(b) = 0,2$. De graad centraliteit

wijst dus persoon a aan als meest belangrijke persoon in het netwerk. De overige personen (waaronder b) zijn van minder belang volgens deze centraliteitsmaat. Dit resultaat sluit goed aan bij de structuur van het netwerk in figuur 2.1.

Graad centraliteit

In het netwerk $g = (N, E)$ is de genormaliseerde graad centraliteit $C_{graad}(i)$ van persoon i gedefinieerd als

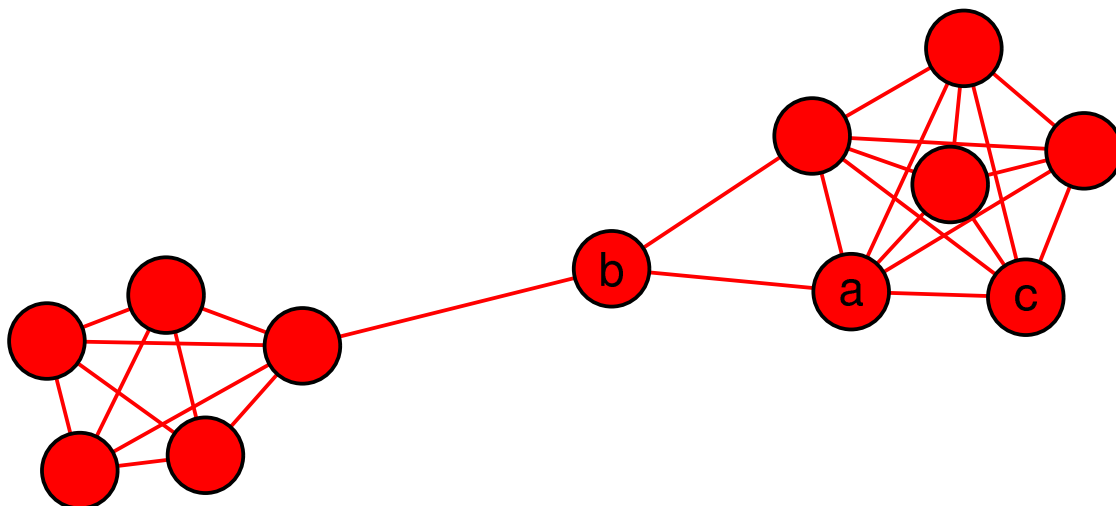
$$C_{graad}(i) = \frac{d_i(g)}{|N| - 1}.$$

De factor $\frac{1}{|N|-1}$ zorgt ervoor dat de genormaliseerde graad centraliteit voor iedere persoon tussen de 0 en 1 ligt.

2.2.2 Betweenness centraliteit

De gedachte achter het meten van centraliteit door middel van de graad is dat een persoon die meer mensen in het netwerk kent dan een andere persoon, belangrijker is. Echter,

belangrijkheid hangt niet alleen af van het aantal personen dat men kent, maar ook van de positie die deze personen in het netwerk innemen. Beschouw daartoe figuur 2.2.



Figuur 2.2: Voorbeeld van een netwerk met clusters.

De graad van de persoon aangeduid met b is gelijk aan $C_{graad}(b) = 0,2727$, en de graad van persoon a is gelijk aan $C_{graad}(a) = 0,5455$. Volgens de graad centraliteit zou persoon a belangrijker zijn dan persoon b . Echter, persoon b is de verbindende schakel tussen twee clusters in het netwerk. Intuïtief zou persoon b dan ook veel belangrijker moeten zijn dan persoon a . We hebben het dan eigenlijk over belangrijkheid betreffende de uitwisseling van informatie: personen in het rechtercluster kunnen alleen via persoon b toegang krijgen tot personen in het linkercluster, en vice versa.

Betweenness centraliteit

Beschouw het netwerk $g = (N, E)$. Laat g_{ij} het aantal geodetische paden van persoon i naar persoon j zijn, en laat g_{ikj} het aantal geodetische paden van persoon i naar persoon j zijn die via persoon k gaan. De genormaliseerde betweenness centraliteit is dan gedefinieerd als

$$C_{betw}(k) = \frac{2}{(|N| - 1)(|N| - 2)} \cdot \sum_{\substack{i, j \in N \\ i < j \\ i, j \neq k}} \frac{g_{ikj}}{g_{ij}}.$$

De factor $\frac{2}{(|N| - 1)(|N| - 2)}$ zorgt ervoor dat de genormaliseerde betweenness centraliteit voor iedere persoon tussen de 0 en 1 ligt.

Om deze vorm van centraliteit te meten is het concept van *betweenness* centraliteit geïntroduceerd door Freeman (1977). Betweenness centraliteit meet het aantal kortste paden dat via een bepaalde persoon loopt. Gesteld wordt dat hiermee personen

geïdentificeerd kunnen worden die informatiestromen tussen verschillende delen van het netwerk kunnen controleren, de zogenaamde *gatekeepers*.

Voor personen a en b in figuur 2.2 kunnen we berekenen dat $C_{betw}(a) = 0,2182$ en $C_{betw}(b) = 0,5455$. Tevens is eenvoudig in te zien dat van een persoon die alleen verbonden is met personen binnen het linker- of rechtercluster de betweenness centraliteit gelijk aan 0 is, iets wat een dergelijke persoon onbelangrijk maakt indien er gemeten wordt met de betweenness centraliteitsmaat. Dit geldt bijvoorbeeld voor persoon c , want $C_{betw}(c) = 0$. Echter, de graad van c is hoog: $C_{graad}(c) = 0,4545$. Dus persoon c kent veel mensen, waaruit men zou kunnen concluderen dat hij erg actief is in het netwerk. Maar hij is geen *gatekeeper* in de zin dat hij verschillende clusters verbindt. Hieruit blijkt dat verschillende centraliteitsmaten leiden tot verschillende uitkomsten voor belangrijkheid van personen. Dit komt uiteraard door het feit dat context en interpretatie per centraliteitsmaat kunnen verschillen.

2.2.3 Closeness centraliteit

De closeness centraliteitsmaat kwantificeert de afstand van een persoon in het netwerk tot de andere personen in het netwerk. Borgatti en Everett (2006) beargumenteren dat de essentie van closeness de tijd-tot-ontvangst is van entiteiten die zich door het netwerk verplaatsen. De closeness van een persoon meet de afstand tot andere personen en hiermee dus de tijd die nodig is om entiteiten van de ene naar de andere persoon te versturen. Dit in tegenstelling tot betweenness waarmee de frequentie-van-aankomst van stromen in het netwerk gemeten wordt.

Voor de personen a , b en c in figuur 2.2 kunnen we berekenen dat $C_{close}(a) = 0,5500$, $C_{close}(b) = 0,5789$ en $C_{close}(c) = 0,4231$. De closeness centraliteitsmaat wijst in dit voorbeeld dus persoon b aan als zijnde de belangrijkste persoon, met persoon a als goede tweede.

Bovenstaande resultaten zijn samengevat in tabel 2.1. Met deze standaard centraliteitsanalyses kunnen dus rankings gegenereerd worden waarmee de belangrijkheid van

Closeness centraliteit

In het netwerk $g = (N, E)$ wordt de genormaliseerde closeness centraliteit van persoon i berekend volgens

$$C_{close}(i) = \frac{|N| - 1}{\sum_{j \in N} l_{ij}(g)}.$$

De factor $|N| - 1$ zorgt ervoor dat de genormaliseerde closeness centraliteit voor iedere persoon tussen de 0 en 1 ligt.

Persoon	Graad	Betweenness	Closeness
<i>a</i>	0,5455	0,2182	0,5500
<i>b</i>	0,2727	0,5455	0,5789
<i>c</i>	0,4545	0	0,4231

Tabel 2.1: Standaard centraliteitswaarden bij het voorbeeld in figuur 2.2.

personen in een netwerk geduid wordt, zie tabel 2.2. Deze laatste tabel illustreert een neveneffect van de besproken centraliteitsmaten. Dat is, de drie maten kunnen verschillende rankings opleveren, zoals in dit voorbeeld te zien is voor de graad centraliteit en betweenness/closeness centraliteit. Tevens zijn alle drie de rankings alleen gebaseerd op (lokale) eigenschappen van de *structuur* van het netwerk. We zullen laten zien dat met behulp van speltheorie een ranking opgesteld kan worden, waarbij ook additionele informatie (anders dan de netwerkstructuur) meegenomen kan worden.

Graad	Betweenness	Closeness
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>
<i>c</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
<i>b</i>	<i>c</i>	<i>c</i>

Tabel 2.2: Ranking naar belangrijkheid van personen bij het voorbeeld in figuur 2.2.

2.3 Speltheoretische centraliteit

Speltheorie is het vakgebied dat zich bezighoudt met competitie en coöperatie. De coöperatieve speltheorie bestudeert situaties waarin personen (of *actoren*) voordelen kunnen behalen door samen te werken. Een wiskundig model dat deze samenwerking beschrijft wordt een *spel* genoemd, de betrokken personen worden aangeduid met *spelers*¹.

Wiskundige notatie van een coöperatief spel

In de speltheorie spreekt men over *actoren* of *spelers*. De verzameling van spelers wordt aangeduid met N , en de verzameling van alle deelverzamelingen van spelers in N met 2^N . Elementen van 2^N worden *coalities* genoemd. Een *TU*-spel is een paar (N, v) waarbij $v : 2^N \mapsto \mathbb{R}$ met $v(\emptyset) = 0$. De functie v wordt de *karacteristieke functie* genoemd en $v(S)$ is de *waarde* die de coalitie $S \subseteq N$ kan genereren.

¹In de rest van de tekst zullen de termen *persoon*, *speler* en *actor* door elkaar gebruikt worden.

Ook ondergrondse organisaties bestaan uit personen die voordeel kunnen halen uit samenwerking. Een voorbeeld hiervan is een groep opstandelingen die aanvallen proberen uit te voeren met geïmproviseerde explosieven. Om succesvol een dergelijke aanval uit te voeren moeten allerlei taken worden volbracht. Zoals regelen van financiën, verkrijgen van materialen voor het bouwen van het explosief, bouwen van de bom en verkennen van de plek waar de aanslag gepleegd gaat worden. Om dergelijke plannings- en verwervings-taken uit te voeren vertrouwen ondergrondse groeperingen op (al dan niet elektronische) communicatienetwerken, zie Carley et al. (2003). Daarom is niet alleen interessant te onderzoeken hoe deze personen optimaal kunnen samenwerken maar ook hoe belangrijk de rol is die de diverse personen vervullen. Met behulp van speltheoretische centraliteitsmaten kunnen verhoudingen tussen personen in netwerken bestudeerd worden, zie bijvoorbeeld Bhaskar en Jackson (2003).

Omdat er veel verschillende grafentheoretische centraliteitsmaten bestaan kan men zich afvragen wat de toegevoegde waarde van het speltheoretisch modelleren van sociologische centraliteit is. Het belang van speltheoretisch modelleren van centraliteit blijkt als we kijken naar de aard van de beschikbare data. Zoals eerder opgemerkt bevatten de gangbare data over terroristische activiteiten veel meer informatie over menselijke gedragingen dan slechts informatie over het al dan niet aanwezig zijn van een relatie tussen personen. In het geval van telecommunicatiegegevens kan men denken aan locatiegegevens van betrokkenen (de zogenaamde *persoonsgebonden* informatie). Daarnaast zijn relaties zelden *binair*. Met andere woorden, de relaties tussen personen hebben een bepaalde inhoud. Zo kunnen relaties uitwisseling van informatie via telefonische communicatie of via e-mail voorstellen of bijvoorbeeld een familierelatie aanduiden (de zogenaamde *relatiegebonden* informatie). De standaard centraliteitsmaten graad, betweenness en closeness richten zich vooral op de analyse van netwerk*structuur* en negeren andere variabelen en parameters waarover vaak data beschikbaar zijn. Ook in de literatuur wordt dit onderkend, zoals Newman (2004) op pagina 1 opmerkt:

“Recent studies of networks have, by and large, steered clear of such weighted networks, which are often perceived as being harder to analyze than their unweighted counterparts.”

De netwerken met additionele informatie die Newman bestudeert zijn van een heel specifiek type, omdat de relaties tussen personen in deze netwerken gewogen zijn. De standaard centraliteitsanalyses waarbij meer informatie meegenomen wordt kunnen dit slechts door een unieke waarde aan tweetallen van personen toe te kennen. Ons onderzoek laat zien dat speltheorie een veel bredere generalisering toelaat in het modelleren van centraliteit door middel van toekennen van unieke waardes aan *ieder* mogelijk samen-

werkingsverband van individuen (ook wel *coalitie* genoemd), dus niet alleen tweetallen. Tevens moet worden opgemerkt dat de toepassing van kwantitatieve centraliteitsanalyses binnen het domein van terroristische netwerken nog vrij beperkt is.

De kern van de coöperatieve speltheorie bestaat uit toekenning van waarden aan coalities van spelers, ook wel het zogenaamde spel in *karakteristieke vorm* genoemd. Op basis hiervan worden rankings van spelers opgesteld. Coöperatieve speltheorie geeft de contraterrorisme-analist de mogelijkheid om centraliteitsmaten te verfijnen, zodat specifieke problemen uit de praktijk beter geanalyseerd kunnen worden.

Binnen de speltheorie bestaan enkele centraliteitsmaten die geschikt zijn om de ‘kracht’ van spelers te berekenen. Één van deze zogenaamde *power indices* is de *Shapleywaarde*. Eenvoudig gezegd berekent men met de Shapleywaarde een soort gemiddelde van de marginale ‘kracht’ van een speler aan iedere mogelijke coalitie die gevormd kan worden. De Shapleywaarde kan dus gebruikt worden om de centraliteit van spelers in allerlei situaties uit te rekenen. In de rest van dit hoofdstuk zal deze methodologie geïllustreerd worden aan de hand van twee concrete spelen waarmee centraliteit in netwerken gemodelleerd kan worden.

Shapleywaarde

In het spel (N, v) wordt de Shapleywaarde van speler i berekend volgens

$$\phi_i(v) = \sum_{S \subseteq N, i \notin S} p_S \cdot [v(S \cup \{i\}) - v(S)],$$

waarbij $p_S = \frac{|S|!(|N|-1-|S|)!}{|N|!}$.

2.3.1 Connectivity centraliteit

Indien spelers opereren in een netwerk kan men zich afvragen wat een willekeurige coalitie van spelers kan bereiken. Een spel dat gedefinieerd kan worden in een dergelijke situatie is het zogenaamde *connectivity* spel. Kort gezegd komt het hierbij neer op het toekennen van de waarde 1 indien in de betreffende coalitie uitwisseling van informatie tussen alle spelers in de coalitie mogelijk is, en anders krijgt de betreffende coalitie een waarde van 0. Definieer de *connectivity centraliteitsmaat* als de Shapleywaarde van bovenstaand connecti-

Connectivity centraliteit

Zij $g = (N, E)$ het netwerk bestaande uit spelers N en kanten E . We noteren de door coalitie $S \subseteq N$ geïnduceerde deelgraaf met S_g . Het connectivity spel horende bij netwerk g wordt gegeven door

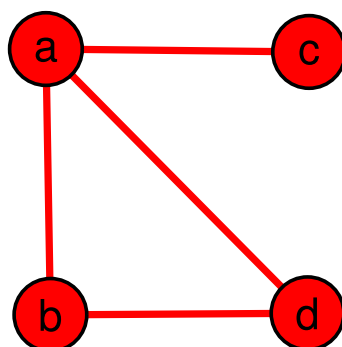
$$v_g^{conn}(S) = \begin{cases} 1 & \text{als } S_g \text{ samenhangend,} \\ 0 & \text{anders.} \end{cases}$$

De connectivity centraliteit van speler i is dan gelijk aan de Shapleywaarde van het connectivity spel, i.e., $\phi_i(v_g^{conn})$.

vity spel. Uit deze centraliteitsmaat volgt dan welke spelers een belangrijke rol spelen in het netwerk. Anders gezegd geeft het antwoord op de vraag: “Welke personen maken het netwerk tot een netwerk?” Doordat alle mogelijke coalities van spelers bekeken worden, levert de connectivity centraliteitsmaat informatie over de belangrijkheid van spelers in het *gehele* netwerk. Merk op dat de connectivity centraliteitsmaat alleen gebruik maakt van de netwerkstructuur. We illustreren connectivity centraliteit met een eenvoudig voorbeeld.

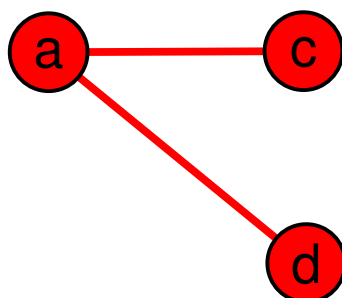
Voorbeeld 1: connectivity centraliteit

Stel dat een inlichtingendienst beschikt over informatie dat een bepaald persoon, genoemd a , verdacht wordt van betrokkenheid bij het plannen van een aanslag. Analyse van telecommunicatiedata leert dat deze persoon in direct contact staat met drie andere personen, genaamd b , c en d . Tevens leert men dat persoon b en d ook met elkaar in contact staan. Dus de relaties die bestaan in dit netwerk zijn ab , ac , ad en bd . Figuur 2.3 geeft het netwerk, dat *spelers* a , b , c en d vormen, weer.



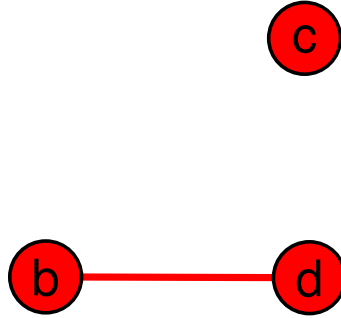
Figuur 2.3: Voorbeeld van een netwerk bestaande uit vier spelers.

De communicatiestructuur voor coalitie $\{a, c, d\}$ wordt weergegeven in figuur 2.4.



Figuur 2.4: Communicatiestructuur voor coalitie $\{a, c, d\}$.

Aangezien coalitie $\{a, c, d\}$ onderling kan communiceren krijgt deze coalitie de waarde $v(\{a, c, d\}) = 1$ in ons connectivity spel.² We noemen coalitie $\{a, c, d\}$ ook wel samenhangend. Kijken we nu naar coalitie $\{b, c, d\}$, dan wordt de communicatiestructuur binnen deze coalitie gegeven in figuur 2.5.



Figuur 2.5: Communicatiestructuur voor coalitie $\{b, c, d\}$.

Binnen deze coalitie is het voor speler c niet mogelijk om te communiceren met spelers b en d . Immers, als speler a niet samenwerkt met speler b en d dan heeft speler c geen mogelijkheid om contact te maken met speler b of d . We noemen coalitie $\{b, c, d\}$ ook wel onsamenhangend en daarom geldt $v(\{b, c, d\}) = 0$. We bepalen op soortgelijke wijze wat de waarde is voor iedere mogelijke coalitie³. In tabel 2.3 noteren we de karakteristieke functie horende bij dit spel.

S	$\{a\}$	$\{b\}$	$\{c\}$	$\{d\}$	$\{a, b\}$	$\{a, c\}$	$\{a, d\}$	$\{b, c\}$
$v(S)$	0	0	0	0	1	1	1	0
S	$\{b, d\}$	$\{c, d\}$	$\{a, b, c\}$	$\{a, b, d\}$	$\{a, c, d\}$	$\{b, c, d\}$	$\{a, b, c, d\}$	
$v(S)$	1	0	1	1	1	0	1	

Tabel 2.3: Waarden van iedere mogelijke coalitie van de vier spelers voor het connectivity spel uit voorbeeld 1.

We berekenen de Shapleywaarde horende bij het connectivity spel. In tabel 2.4 presenteren we naast de connectivity centraliteit ook de standaard centraliteitswaarden voor bovenstaand voorbeeld.

In tabel 2.5 is voor ieder van de vier centraliteitsmaten een ranking van de spelers opgesteld. Hierbij zijn spelers die binnen een ranking een gelijke waarde hebben voorzien van een asterisk (*).

²Het is gebruikelijk de waarde (*value*) van een coalitie te noteren met de letter v .

³Een coalitie bestaande uit slechts één speler krijgt per definitie een waarde van 0 toegewezen.

Speler	Connectivity	Graad	Betweenness	Closeness
a	0,6667	1	0,6667	1
b	0,1667	0,6667	0	0,7500
c	0	0,3333	0	0,6000
d	0,1667	0,6667	0	0,7500

Tabel 2.4: Centraliteitswaarden, connectivity en standaard voor voorbeeld 1.

Connectivity	Graad	Betweenness	Closeness
a	a	a	a
b^*	b^*	b^*	b^*
d^*	d^*	d^*	d^*
c	c	c^*	c

Tabel 2.5: Ranking naar belangrijkheid van spelers in voorbeeld 1.

We zien dat de connectivity centraliteit van speler a groter is dan die van b , dat de connectivity centraliteit van b en d gelijk zijn en dat c het laagste scoort. We concluderen dus dat zowel de standaard centraliteitsmaten als de connectivity centraliteit speler a als de belangrijkste speler duiden. De ordening die de connectivity centraliteit genereert komt overeen met die van de graad en closeness centraliteit. Opmerkelijk is dat de betweenness centraliteit veel minder onderscheid tussen de spelers maakt in dit geval, er geldt immers dat de betweenness centraliteit van spelers b , c en d allen gelijk aan 0 zijn. Zo zijn spelers b , c en d volgens de betweenness centraliteitsmaat even belangrijk.

In werkelijkheid is het vaak zo dat meer informatie over personen en relaties tussen personen bekend is. Juist in dergelijke situaties toont het speltheoretisch modelleren van centraliteit haar kracht door genuanceerd aan iedere mogelijke coalitie een waarde toe te kennen gebaseerd op deze informatie in plaats van alleen de netwerkstructuur te analyseren. Deze insteek zal worden geïllustreerd in de volgende paragraaf.

2.3.2 Weighted connectivity centraliteit

Eerder is opgemerkt dat veel van het instrumentarium waarop de coöperatieve speltheorie is gebaseerd, berust op het spel in karakteristieke vorm. Deze karakteristieke vorm bestaat uit het toekennen van een waarde aan *iedere* mogelijke coalitie van spelers. Bij toekennen van die waarde, in de context van terroristische netwerken, dient men dus rekening te houden met de beschikbare informatie en tevens een interpretatie van de

context van deze informatie. Het verdient dan ook aanbeveling een dergelijke waardetoe- kenning tot stand te laten komen in samenwerking met domeinspecialisten op het gebied van contraterrore. In het volgende voorbeeld wordt het concept weighted connectivity centraliteit verder toelicht.

Voorbeeld 2: weighted connectivity centraliteit

Stel dat men naast de telecommunicatie- data uit voorbeeld 1 ook beschikt over informatie betreffende de capaciteit tot het daadwerkelijk uitvoeren van een actie. Hierbij wordt ingeschat dat indien speler a en c samen betrokken zijn bij een coalitie, de waarschijnlijkheid van een aanslag drie maal zo hoog is dan wanneer dit niet het geval is. Om deze reden wordt het spel

Weighted connectivity cen- traliteit

Zij $g = (N, E)$ een netwerk en de- finieer het weighted connectivity spel v_g^{wconn} . De weighted connectivity cen- traliteit van speler i is dan gelijk aan de Shapleywaarde van het weighted con- nectivity spel, i.e., $\phi_i(v_g^{wconn})$.

waarmee deze situatie gemodelleerd wordt zodanig aangepast dat iedere coalitie, die sa- menhangend is in het netwerk en waar spelers a en c deel van uitmaken, een waarde van 3 krijgt⁴. Iedere andere coalitie krijgt een waarde 1 indien ze samenhangend is en anders 0.

Een dergelijk spel noemen we een *weighted connectivity* spel. In tabel 2.6 geven we de waarden van iedere mogelijke coalitie.

S	$\{a\}$	$\{b\}$	$\{c\}$	$\{d\}$	$\{a, b\}$	$\{a, c\}$	$\{a, d\}$	$\{b, c\}$
$v(S)$	0	0	0	0	1	3	1	0
S	$\{b, d\}$	$\{c, d\}$	$\{a, b, c\}$	$\{a, b, d\}$	$\{a, c, d\}$	$\{b, c, d\}$	$\{a, b, c, d\}$	
$v(S)$	1	0	3	1	3	0	3	

Tabel 2.6: Waarden van iedere mogelijke coalitie van de vier spelers voor het weighted con- nectivity spel uit voorbeeld 2.

We berekenen de weighted connectivity centraliteit voor bovenstaand voorbeeld en presenteren deze samen met de (eerder berekende) standaard centraliteitswaarden in tabel 2.7.

⁴De keuze voor waarde 3 is arbitrair en dient slechts ter illustratie. In het algemeen zal een dergelijke waardetoe- kenning tot stand moeten komen in samenspraak met analisten, bijvoorbeeld door analyse van verschillende historische casussen.

Speler	Weighted connectivity	Graad	Betweenness	Closeness
<i>a</i>	1,6667	1	0,6667	1
<i>b</i>	0,1667	0,6667	0	0,7500
<i>c</i>	1	0,3333	0	0,6000
<i>d</i>	0,1667	0,6667	0	0,7500

Tabel 2.7: Centraliteitswaarden, weighted connectivity en standaard voor voorbeeld 2.

In tabel 2.8 is voor ieder van de vier centraliteitsmaten een ranking van de spelers opgesteld. Hierbij zijn spelers die binnen een ranking een gelijke waarde hebben voorzien van een asterisk (*).

Weighted connectivity	Graad	Betweenness	Closeness
<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
<i>c</i>	<i>b*</i>	<i>b*</i>	<i>b*</i>
<i>b*</i>	<i>d*</i>	<i>d*</i>	<i>d*</i>
<i>d*</i>	<i>c</i>	<i>c*</i>	<i>c</i>

Tabel 2.8: Ranking naar belangrijkheid van spelers in voorbeeld 2.

Meteen valt op dat bij de weighted connectivity centraliteit speler *c* hoog scoort, zelfs hoger dan speler *b* en *d*. Dit is wat men intuïtief ook zal verwachten aangezien speler *c*, samen met speler *a*, een hogere waarschijnlijkheid creëert op een aanslag. Echter, op de standaard centraliteitsmaten scoort speler *c* het laagst. Dit komt doordat dergelijke standaardmaten alleen kijken naar de (lokale) eigenschappen van de netwerkstructuur en geen extra informatie kunnen meenemen. De weighted connectivity centraliteit daarentegen beschouwt de rol die een speler inneemt in het gehele netwerk en biedt tevens de mogelijkheid om extra informatie, met betrekking tot spelers en relaties tussen spelers, mee te nemen.

Let op: de ranking van spelers hangt af van het gebruikte weighted connectivity spel. In de casussen worden twee verschillende weighted connectivity spelen geïllustreerd.

2.4 Introductie tot destabilisatie

Identificatie van de belangrijke heimelijke actoren in een netwerk maakt het aan de ene kant mogelijk beperkte capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties optimaal in te zetten. Daarnaast maakt deze identificatie het mogelijk de meest belangrijke personen

te isoleren of verwijderen. Doel hiervan is het netwerk zo veel mogelijk te destabiliseren. Binnen de standaard literatuur over netwerken wordt de effectiviteit van verwijderen van elementen uit het netwerk bestudeerd onder de noemer *network resilience*. Voorbeelden hiervan zijn het effect van het arresteren van leiders op het functioneren van een netwerk of de gevolgen van het uitschakelen van een spilfiguur in een netwerk. De functionaliteit van een netwerk wordt vaak gekwantificeerd met behulp van de diameter van het netwerk, zie bijvoorbeeld Newman (2003). Hierbij wordt geconstateerd dat de structuur van het netwerk in hoge mate bepalend is voor het effect van het willekeurig of gericht uitvallen van dergelijke knooppunten in netwerken, zie Albert en Barabasi (2000).

In dit rapport zijn we geïnteresseerd in het verkennen van de mogelijkheden van destabilisatie van terroristische netwerken. Het idee is dat identificeren van belangrijke personen in een netwerk een tweeledige functionaliteit heeft. Allereerst geeft een ranking van personen in een netwerk de mogelijkheid middelen van inlichtingen- en opsporingsinstanties zo efficiënt mogelijk in te zetten. Daarnaast levert het isoleren of verwijderen van dergelijke belangrijke figuren een bijdrage aan het destabiliseren van het netwerk. Naast het onderkennen van de belangrijke personen in een netwerk, is het dus van belang te kunnen bepalen wat het gevolg voor het netwerk zal zijn indien deze personen worden verwijderd. De noodzaak bestaat om het effect van destabilisatie te meten. Uit recent onderzoek blijkt dat terroristische netwerken te kwantificeren zijn vanuit het perspectief van de balans die dergelijke netwerken trachten te zoeken tussen de potentie tot communicatie en veilig opereren, zie Lindelauf et al. (2009). Deze manier om netwerken te kwantificeren is ook bruikbaar bij het in kaart brengen van het effect van destabilisatie, zoals we in de volgende paragraaf zullen toelichten.

2.4.1 De balans tussen informatie en veiligheid

De kwaliteit van een terroristisch netwerk als het gaat om de potentie om informatie uit te wisselen wordt als volgt geformuleerd. Aangenomen wordt dat de tijdvertraging bij het rondsturen van informatie in een netwerk propor-

Informatie potentie

In een netwerk $g = (N, E)$ is de potentie van informatie-uitwisseling gedefinieerd als

$$I(g) = \frac{|N|(|N| - 1)}{T(g)}.$$

tioneel is met het aantal relaties dat dergelijke informatie moet passeren. Merk op dat in deze context het begrip informatie breed dient te worden geïnterpreteerd. Het kan zowel refereren naar het versturen van e-mail of het voeren van telefoongesprekken alsook het

uitwisselen van fysieke materialen, bijvoorbeeld de benodigde materialen om een bom te bouwen.

De potentie van informatie-uitwisseling in netwerk g wordt weergegeven met $I(g)$ (*information*). In de berekening van deze waarde wordt rekening gehouden met de afstand (gemeten naar het aantal relaties dat gepasseerd dient te worden) die informatie af dient te leggen om van verzender tot ontvanger te komen. Er geldt dat $0 \leq I(g) \leq 1$, en hoe hoger de waarde van $I(g)$, des te beter er in het betreffende netwerk informatie uitgewisseld kan worden.

Voor wat betreft veiligheid worden twee factoren meegenomen: de kans dat een individu in het netwerk ontdekt wordt en de fractie van zijn relaties die hij daarmee blootgeeft. De kans dat een persoon ontdekt wordt in het

netwerk hangt af van zijn centraliteit als het gaat om informatie uitwisselen. Indien een persoon ontdekt wordt, dan wordt aangenomen dat hij zijn directe relaties in het netwerk in gevaar brengt ontdekt te worden, zie ook Lindelauf et al. (2009). Deze veiligheidsmaat wordt genoteerd met $S(g)$ (*secrecy*). Er geldt dat $0 \leq S(g) \leq 1$, en hoe hoger de waarde van $S(g)$, des te veiliger het betreffende netwerk is.

In het beste geval vindt een terroristisch netwerk een balans tussen de potentie om informatie uit te wisselen en het veilig (in het geheim) opereren. Op theoretische gronden is te beargumenteren dat het product van $I(g)$ en $S(g)$ een goede maat is om deze

balans te kwantificeren, zie Lindelauf et al. (2009). Dit product wordt genoteerd met $\mu(g)$, waarbij $0 \leq \mu(g) \leq 1$. Hoe hoger de waarde van $\mu(g)$, des te beter de balans tussen informatie en veiligheid in het betreffende netwerk is.

Veiligheid

De veiligheid van een netwerk $g = (N, E)$ is gedefinieerd als

$$S(g) = \frac{2|E|(|N| - 2) + |N|(|N| - 1) - \sum_{i \in |N|} d_i^2}{(2|E| + |N|)|N|}.$$

Balans tussen informatie potentie en veiligheid

De balans tussen potentie van informatie-uitwisseling en veiligheid in een netwerk $g = (N, E)$ is gedefinieerd als

$$\mu(g) = I(g) \cdot S(g).$$

2.4.2 Meten van destabilisatie

Het effect van het isoleren of verwijderen van één of meerdere spelers uit een netwerk kan bepaald worden door de drie maten voor potentie tot uitwisselen van informatie, veiligheid

en de balans tussen beide, uit te rekenen voor het netwerk waarin de betreffende spelers verwijderd zijn (en deze te vergelijken met de waarden van het originele netwerk).

Met behulp van centraliteitsanalyses bepalen we eerst wie de belangrijkste spelers zijn in een netwerk, bijvoorbeeld de top 5 van spelers. Vervolgens berekenen we $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$ nadat de belangrijkste speler uit het netwerk verwijderd is. Daarna verwijderen we de *twee* belangrijkste spelers en bepalen we wederom $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$. Dit herhalen we tot alle spelers in de top 5 verwijderd zijn. Zodanig wordt een beeld verkregen van het destabiliserende effect op het netwerk van het (opeenvolgend) verwijderen van de belangrijkste spelers.

Voorbeeld 3: destabilisatie

Beschouw wederom het netwerk g uit voorbeeld 1, zie figuur 2.3. Met behulp van de formules voor $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$ kan berekend worden dat $I(g) = 0,75$, $S(g) \approx 0,21$ en $\mu(g) \approx 0,16$.

Destabilisatie wordt gemeten door te kijken naar de resulterende waarden van $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$ indien de belangrijkste spelers verwijderd worden. Stel dat we de connectivity centraliteitsmaat gebruiken om te bepalen wie de belangrijkste speler is. Uit tabel 2.5 volgt dat speler a de belangrijkste speler is. We berekenen de waarden van $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$ voor het netwerk zonder speler a . Deze nieuwe waarden geven we weer met $I(g_{-1})$, $S(g_{-1})$ en $\mu(g_{-1})$. Er volgt dat $I(g_{-1}) = 0$. Met andere woorden, speler a heeft een groot destabiliserend effect op de effectiviteit van informatie-uitwisseling indien hij verwijderd wordt. Dit blijkt ook wel als we kijken naar de netwerkstructuur zonder speler a , waarin speler c volledig wordt geïsoleerd (figuur 2.5). Kijken we naar veiligheid dan volgt $S(g_{-1}) = 1$. Dit komt uiteraard doordat het verwijderen van speler a het netwerk in twee delen uiteen laat vallen, hetgeen de veiligheid van het netwerk vergroot. Een eventuele ontdekking van spelers b of d zal namelijk nooit meer leiden tot de ontdekking van speler c (en vice versa). Tenslotte volgt dat $\mu(g_{-1}) = 0$ vanwege het feit dat $I(g_{-1}) = 0$. Immers, de balans tussen informatie en veiligheid is zoek.

We herhalen deze berekening nu indien de *twee* belangrijkste spelers verwijderd worden. De nieuwe waarden geven we weer met $I(g_{-2})$, $S(g_{-2})$ en $\mu(g_{-2})$. In dit voorbeeld hebben speler b en d dezelfde waarde voor de connectivity centraliteitsmaat (beide 0,1667) en zouden we dus zowel speler a en b als speler a en d kunnen verwijderen. We kiezen ervoor om speler a en b te verwijderen (merk op dat speler b en d volledig symmetrisch zijn). Er volgt dan dat $I(g_{-2}) = 0$, $S(g_{-2}) = 1$ en $\mu(g_{-2}) = 0$.

Tabel 2.9 geeft een samenvatting van de resultaten. In deze tabel staat de letter g

Netwerk	Informatie	Veiligheid	Balans
g	0,75	0,21	0,16
g_{-1}	0	1	0
g_{-2}	0	1	0

Tabel 2.9: Resultaat van destabilisatie volgens connectivity centraliteit voor voorbeeld 3.

voor het oorspronkelijke netwerk, g_{-1} voor het netwerk zonder de belangrijkste speler en g_{-2} voor het netwerk zonder de twee belangrijkste spelers. Er volgt dat alleen al het verwijderen van de belangrijkste speler (speler a) een significant effect heeft op het netwerk.

In de volgende twee hoofdstukken zal de geïntroduceerde speltheoretische methodologie worden geïllustreerd aan de hand van een tweetal casussen, te weten Jemaah Islamiyah's aanslag in Bali en Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

HOOFDSTUK 3

Casus 1: Jemaah Islamiyah in Bali

Op 12 oktober 2002 vond één van de dodelijkste terroristische aanslagen uit de geschiedenis van Indonesië plaats op het eiland Bali. In totaal kwamen 202 onschuldige burgers om het leven. Uiteindelijk werd een aantal leden van de gewelddadige extremistische groepering Jemaah Islamiyah schuldig bevonden van deelname aan het plannen en uitvoeren van deze aanslag.

Jemaah Islamiyah (JI) werd officieel in 1993 in Maleisië opgericht met als doel de oprichting van een Islamitische staat in Indonesië (Wise (2005)). De spirituele leiders van JI waren Abdullah Sungkar en Abu Bakar Bashir. JI is onderverdeeld in vier territoriale divisies (*mantiqis*) die grofweg overeenkomen met de schiereilanden van Maleisië en Singapore; Java; Mindanao, Sabah, en Sulawesi; en Australië en Papua. Gedurende de jaren tachtig streden oprichters en leidinggevendenden binnen Jemaah Islamiyah aan de zijde van de *mujahideen* tegen de Russen in Afghanistan. Midden jaren negentig werden ook terroristische trainingskampen in de Filipijnen opgezet (Council on Foreign Relations (2009)). Niet veel later werd duidelijk dat Jemaah Islamiyah relaties onderhield met Al Qa'ida. JI ontving zowel financiële als materiële steun en verscheidene leden van Jemaah Islamiyah zijn getraind in Afghaanse trainingskampen (International Crisis Group (2002)). Een goed voorbeeld van de intieme relatie tussen Al Qa'ida en Jemaah Islamiyah is de nauwe band tussen Mohammed Atef, Khalid Sheikh Mohammed en Riduan Isamuddin (militair leider van Jemaah Islamiyah, ook bekend onder het pseudoniem van Hambali). De afspraak was dat Jemaah Islamiyah verkenningen van potentiële doelen zou uitvoeren en logistieke voorbereidingen zou treffen in haar operatiegebied. Al Qa'ida zou dan dergelijke operaties ondersteunen met behulp van expertise op het gebied van bommen maken en het leveren van zelfmoordenaars (Kean et al. (2002)). Een ander bekend voorbeeld van de samenwerking tussen JI en Al Qa'ida is de bijeenkomst in Kuala Lumpur in 2000, door Hambali georganiseerd, waar naar verluidt zowel de aanslag op de

USS Cole als 9/11 gepland werden, zie Rollins (2010). Door de actieve samenwerking met Al Qa'ida ontwikkelde Jemaah Islamiyah zich in een pan-Aziatisch netwerk dat zich van Maleisië en Japan in het noorden, uitstrekt tot Australië in het zuiden, zie Gunaratna (2003) en Abuza (2003). In 1998 startte Jemaah Islamiyah het zogenaamde *uhud* project, met als doel zowel Christenen als Hindoes uit regio's in Indonesië te verwijderen, zodat zuiver Islamitische enclaves konden worden gesticht waar de Sharia-wetgeving leidend zou zijn (Abuza (2003)). Tevens begon Jemaah Islamiyah een serie van bomaanslagen in 2000, waarvan de aanslag in oktober 2002 in Bali een groot aantal mensen het leven kostte.

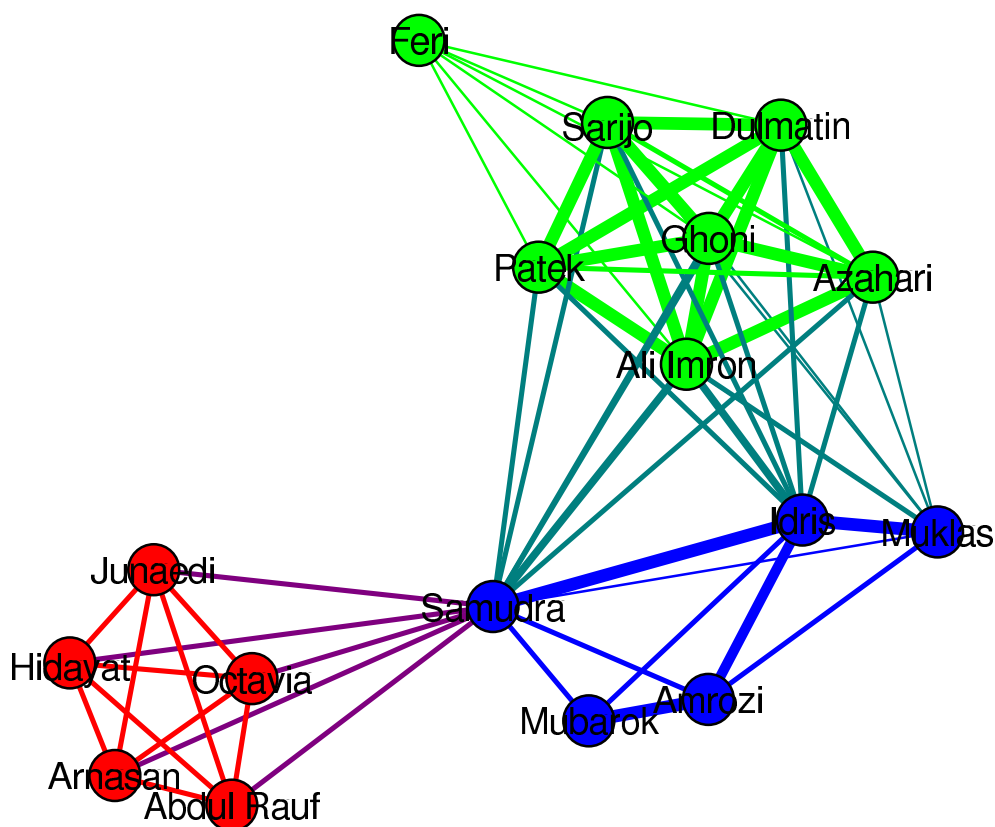
Maatregelen tegen JI van de Indonesische overheid bleven uiteraard niet uit. Meer dan 450 leden van Jemaah Islamiyah zijn de afgelopen jaren gearresteerd en zo'n 250 terroristen zijn vervolgd (Abuza (2003)). De spirituele leider, Abu Bakar Bashir, werd na de aanslagen in Bali gearresteerd, maar kwam vervolgens in 2006 weer vrij. De belangrijkste explosievenexpert, Muhammad Noordin Top, werd in 2009 door de Indonesische autoriteiten gedood. Enkele andere leiders, waaronder Isamuddin, Abu Dujana en Zarkasih, zijn in de loop der jaren gearresteerd. Tevens werd in maart 2010 Dulmatin, die werd gezocht in verband met de aanslagen in Bali, gedood tijdens een contraterrorisme actie.

3.1 De aanslag in Bali

De tactische operatie in Bali werd uitgevoerd door Jemaah Islamiyah's Indonesische cel onder leiding van Hambali. Een zelfmoordterrorist bracht een vest tot ontploffing in een kroeg (Paddy's bar). Hierdoor gingen veel mensen de straat op. Daarop volgde een tweede explosie, veroorzaakt door een zogenaamde 'vehicle based improvised explosive' (VBIED), een L300 busje gevuld met zo'n 1000 kilogram TNT en ammoniumnitraat. Als gevolg hiervan kwamen 202 mensen om het leven. In figuur 3.1 presenteren we het netwerk van de aanslag in Bali (uit Koschade (2006))¹. De operationele cel die deze aanslag uitvoerde bestond uit drie teams, zoals geïllustreerd in figuur 3.1. Een team bombouwers (groen), een ondersteuningsteam (rood) en een coördinatieteam (blauw). Het team van bombouwers werd gevormd door Patek, Imron, Azahari, Dulmatin, Ghoni, Sarijo en later werd hier nog Feri aan toegevoegd. Het team dat zorgde voor de ondersteuning van de operatie (team Lima) bestond uit Octavia, Junaedi, Hidayat, Rauf en Arnasan. De overige spelers waren belast met de coördinatie, te weten Samudra, Idris, Muklas,

¹Softwarepakket Gephi (<http://gephi.org>) is gebruikt om het netwerk te visualiseren. Hierbij is gebruik gemaakt van een algoritme dat clusters in het netwerk identificeert. De locaties van en afstanden tussen personen zijn gekozen om deze clusters te visualiseren en hebben geen wiskundige betekenis.

Amrozi en Mubarak.



Figuur 3.1: Operationeel netwerk van Jemaah Islamiyah's operatie in Bali met team bombouwers (groen), ondersteuningsteam (rood) en coördinatieteam (blauw).

3.2 Centraliteitsanalyse

In deze paragraaf bestuderen we het operationele netwerk van Jemaah Islamiyah met behulp van zowel standaard als speltheoretische centraliteitsmaten.

3.2.1 Standaard centraliteit

Een analyse van de toepassing van de standaard centraliteitsmaten graad, betweenness en closeness op het operationele netwerk van de Jemaah Islamiyah aanslag in Bali is beschikbaar uit de open wetenschappelijke literatuur, zie Koschade (2006). De analyse van Koschade richt zich alleen op de netwerkstructuur, met andere woorden: Koschade heeft alleen gekeken of er al dan niet een relatie tussen personen aanwezig was. Daarnaast

geeft Koschade een weging aan de relaties door de frequentie en duur van de betreffende relatie te analyseren. Dit doet hij door de interactie tussen de leden van de cel verantwoordelijk voor de aanslag te coderen aan de hand van de criteria ‘transactional content’ en ‘frequency and duration of interaction’. Deze tweede codering resulteert in een matrix waarin de relaties gewogen zijn tussen 0 en 5. Een gewicht van 0 betekent hierbij dat er geen relatie is, en een gewicht van 5 betekent dat er veel en vaak interactie plaatsvindt. Deze gewichten zijn in figuur 3.1 zichtbaar gemaakt door middel van de lijndikte, hoe dikker de lijn hoe zwaarder de betreffende relatie gewogen is. Zoals reeds eerder vermeld, maakt Koschade (2006) bij de analyse van het netwerk alleen gebruik van de standaard centraliteitsmaten graad, betweenness en closeness. Hij analyseert alleen de verbindingen, de gewichten op deze verbindingen worden niet meegenomen in de analyse. De resultaten van de standaard centraliteitsanalyse worden gepresenteerd in tabel 3.1. De personen zijn hierbij gesorteerd op graad centraliteit. Belangrijk is dat in deze tabel niet zozeer de absolute waarden van belang zijn, maar eerder de ontstane ordening naar belangrijkheid van de betrokken personen.

Persoon	Graad	Betweenness	Closeness
Samudra	0,9375	0,5097	0,9411
Idris	0,6250	0,0513	0,7272
Muklas	0,5625	0,0194	0,6956
Ali Imron	0,5625	0,0139	0,6956
Dulmatin	0,5625	0,0139	0,6956
Azahari	0,5625	0,0139	0,6956
Patek	0,5625	0,0139	0,6956
Ghoni	0,5625	0,0139	0,6956
Sarijo	0,5625	0,0139	0,6956
Feri	0,3750	0	0,4849
Arnasan	0,3125	0	0,5714
Junaedi	0,3125	0	0,5714
Abdul Rauf	0,3125	0	0,5714
Octavia	0,3125	0	0,5714
Hidayat	0,3125	0	0,5714
Amrozi	0,2500	0,0028	0,5517
Mubarok	0,1875	0	0,5333

Tabel 3.1: Standaard centraliteitswaarden van Jemaah Islamiyah’s aanslag in Bali.

Op alle drie de standaard centraliteitsanalyses scoort Samudra het hoogst. Hij wordt gezien als het ‘brein’ achter de operatie. Idris scoort na Samudra het hoogst op alle drie

de centraliteitsmaten. Ook hij speelde ook een belangrijke rol in de planning en uitvoering van de aanslag. Tevens maken de graad en closeness centraliteit geen onderscheid tussen Muklas, Imron, Dulmatin, Azahari, Patek, Ghoni en Sarijo (zij scoren immers allen 0,5625 op graad en 0,6956 op closeness centraliteit). Dit geldt, met uitzondering van Idris, ook voor de betweenness centraliteitsmaat (allen scoren 0,0139). Dit is het gevolg van het feit dat deze standaard centraliteitsmaten alleen de netwerkstructuur meenemen in de analyse. Met behulp van (weighted) connectivity centraliteit is het mogelijk meer onderscheid tussen de verschillende personen te maken.

3.2.2 Speltheoretische centraliteit

In deze paragraaf analyseren we het operationele netwerk van Jemaah Islamiyah op Bali met behulp van de (weighted) connectivity centraliteit. De berekening van de connectivity centraliteit gebeurt op dezelfde manier als in paragraaf 2.3.1. We kijken voor iedere coalitie of communicatie tussen alle spelers in de coalitie mogelijk is. Met andere woorden, we kijken of de communicatiestructuur samenhangend is. De Shapleywaarde van het bijbehorende spel is de connectivity centraliteit. Hierbij maken we dus slechts gebruik van de aanwezige verbindingen in het netwerk. De informatie, zoals geïntroduceerd in Koschade (2006), kan bij weighted connectivity centraliteit meegenomen worden door middel van het definiëren van een passende karakteristieke functie bij het coöperatieve spel. We willen de informatie betreffende de frequentie en duur van interactie, zoals gecodeerd door Koschade, betrekken in de analyse. Uiteraard kan dit op verschillende manieren, en in het algemeen zal de keuze voor een specifieke karakteristieke functie tot stand moeten komen in samenwerking met een domeinspecialist (zoals een operationeel analist).

De redenering die we voor deze casus volgen is dat personen in een netwerk belangrijke spelers zullen proberen af te schermen door de frequentie en duur van hun relaties met anderen in het netwerk laag te houden. Echter, om te kunnen coördineren zullen belangrijke spelers wel relaties in het netwerk moe-

Karakteristieke functie

Zij $g = (N, E)$ het gegeven netwerk met gewichten f_{ij} op relaties $ij \in E$, dan definiëren we de karakteristieke functie als volgt

$$v_g^{wconn}(S) = \begin{cases} \frac{\sum_{i,j \in S, ij \in E} I_{ij}(E)}{\sum_{i,j \in S, ij \in E} f_{ij}} & \text{als } S_g \text{ samenhangend,} \\ 0 & \text{anders.} \end{cases}$$

Hierbij is $I_{ij} = 1$ als $ij \in E$ en anders $I_{ij} = 0$.

ten aangaan en mogelijk maken. De aanname is dat een terroristische organisatie haar essentiële coalities tracht af te schermen door hun activiteiten (zoals frequentie en duur van interacties) laag te houden, denk bijvoorbeeld aan een *sleeper cell*. Daarom definiëren we de waarde van een coalitie als volgt: we delen het aantal relaties binnen die coalitie door het totale gewicht van die coalitie (de som van de gewichten² op de relaties). Merk op dat dit gelijk is aan de definitie van het connectivity spel indien alle gewichten gelijk aan 1 zijn. De hoogste waarde van een coalitie is dan gelijk aan 1. Indien alle gewichten in een coalitie groter dan 1 zijn (en de relaties een zwaarder gewicht hebben) dan zal de waarde van de coalitie kleiner dan 1 zijn. In het weighted connectivity spel wordt dus zowel de netwerkstructuur als additionele informatie meegenomen. Een dergelijke specifieke keuze van een karakteristieke functie hangt altijd af van de beschikbare data en de context van het probleem. Hier bestaan de beschikbare data uit relaties met gewichten daarop en wordt de context gevormd door een operationele cel in de plannings- en uitvoeringsfase.

Speler	Connectivity	Weighted connectivity
Samudra	0,8713	0,3615
Idris	0,0494	0,0001
Muklas	0,0361	0,0481
Ali Imron	0,0340	-0,0177
Dulmatin	0,0340	0,0007
Azahari	0,0340	0,0117
Patek	0,0340	0,0039
Ghoni	0,0340	-0,0042
Sarijo	0,0340	0,0087
Feri	-0,0012	0,0319
Amrozi	-0,0042	-0,0110
Mubarok	-0,0175	-0,0130
Arnasan	-0,0275	-0,0073
Junaedi	-0,0275	-0,0073
Abdul Rauf	-0,0275	-0,0073
Octavia	-0,0275	-0,0073
Hidayat	-0,0275	-0,0073

Tabel 3.2: Speltheoretische centraliteitswaarden van Jemaah Islamiyah's aanslag in Bali.

We presenteren de resultaten van de speltheoretische centraliteitsanalyse in tabel 3.2. De spelers zijn hierbij gesorteerd op connectivity centraliteit. Merk op dat alleen de

²In deze casus geven de gewichten de frequentie en duur van interacties weer.

plaats van een speler in de lijst van belang is. De precieze, positieve danwel negatieve, waarde die een speler toebedeeld krijgt speelt geen rol in onze analyse.

Uit tabel 3.2 volgt dat het onderscheidend vermogen van de speltheoretische centraliteitsmaten groter is dan die van de standaard centraliteitsmaten (in tabel 3.1). Om dit te verduidelijken is in tabel 3.3 voor ieder van de vijf centraliteitsmaten een ranking van de spelers opgesteld. Hierbij zijn spelers die binnen een ranking een gelijke waarde hebben voorzien van hetzelfde symbool (* of ●). Net als bij de standaard centraliteitsmaten krijgen Imron, Dulmatin, Azahari, Patek, Ghoni en Sarijo eenzelfde waarde bij connectivity centraliteit, maar Muklas bijvoorbeeld niet. Als meer informatie wordt meegenomen door middel van het meenemen van de gewichten op de relaties met behulp van de weighted connectivity centraliteitsmaat dan zien we dat het onderscheidend vermogen nog groter is dan bij connectivity centraliteit. Geen enkele van de spelers in het team van Dulmatin (Imron tot en met Sarijo) scoren hetzelfde. Indien men in de praktijk zou beschikken over beperkte capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties dan zouden met behulp van een dergelijke weighted connectivity centraliteitsanalyse gerichter middelen kunnen worden ingezet. Bovendien kan deze beslissingsondersteunende methode toegepast worden om netwerkdestabilisatie gerichter vorm te geven.

Graad	Betweenness	Closeness	Connectivity	Weighted Connectivity
Samudra	Samudra	Samudra	Samudra	Samudra
Idris	Idris	Idris	Idris	Muklas
Muklas*	Muklas	Muklas*	Muklas	Feri
Ali Imron*	Ali Imron*	Ali Imron*	Ali Imron*	Azahari
Dulmatin*	Dulmatin*	Dulmatin*	Dulmatin*	Sarijo
Azahari*	Azahari*	Azahari*	Azahari*	Patek
Patek*	Patek*	Patek*	Patek*	Dulmatin
Ghoni*	Ghoni*	Ghoni*	Ghoni*	Idris
Sarijo*	Sarijo*	Sarijo*	Sarijo*	Ghoni
Feri	Amrozi	Arnasan●	Feri	Octavia*
Arnasan●	Feri●	Junaedi●	Amrozi	Abdul Rauf*
Junaedi●	Arnasan●	Abdul Rauf●	Mubarok	Hidayat*
Abdul Rauf●	Junaedi●	Octavia●	Arnasan●	Arnasan*
Octavia●	Abdul Rauf●	Hidayat●	Junaedi●	Junaedi*
Hidayat●	Octavia●	Amrozi	Abdul Rauf●	Amrozi
Amrozi	Hidayat●	Mubarok	Octavia●	Mubarok
Mubarok	Mubarok●	Feri	Hidayat●	Ali Imron

Tabel 3.3: Ranking naar belangrijkheid van spelers van Jemaah Islamiyah's aanslag in Bali.

3.2.3 Discussie

Allereerst vergelijken we de speltheoretische centraliteitsmaten met de standaard centraliteitsanalyses en bespreken we de top 5 van spelers. De reden waarom we de top 5 bespreken is omdat we ervan uitgegaan zijn dat in de praktijk slechts beperkte capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties aanwezig is en dus niet de mogelijkheid bestaat iedereen actief te volgen. Een dergelijke centraliteitsanalyse werkt dan ook beslissingsondersteunend en kan dienen als hulpmiddel om de schaarse middelen optimaal toe te kennen. Om een goede vergelijking te maken is in tabel 3.3 per centraliteitsmaat aangegeven welke spelers in de top 5 staan. Merk op dat dit meer dan 5 spelers kunnen zijn, in geval meerdere spelers gelijk scoren op de centraliteitsmaat in kwestie.

Kijken we naar de top 5 van spelers dan concluderen we allereerst dat Samudra de belangrijkste speler was voor deze operatie. Hij scoort immers het hoogst op alle centraliteitsmaten. Dit sluit aan bij de uitspraak van de rechter (The New Zealand Herald (2003)):

“Judge Isa Sudewi told the court today the prosecution had proven Samudra, an engineering graduate, played a key role in the bombings. ‘The defendant worked behind the scenes as the coordinator so the panel of judges has an opinion that the defendant is the intellectual actor behind the bomb explosions,’ she said.”

Tevens valt te zien dat indien alleen naar de netwerkstructuur gekeken wordt, de ordening van de top 5 niet eenduidig is voor vier centraliteitsmaten. Immers, bij graad en closeness centraliteit scoren de spelers 3 (Muklas) tot en met 9 (Sarijo) allen hetzelfde. Indien men slechts 5 spelers zou kunnen observeren dan is met behulp van deze centraliteitsmaten niet duidelijk een goed onderscheid te maken. In het geval van betweenness en connectivity centraliteit geldt dat spelers 4 (Ali Imron) tot en met 9 (Sarijo) eenzelfde waarde scoren. Ook hiervoor volgt dus dat het onderscheidend vermogen te beperkt is om eenduidig capaciteit van inlichtingen- en opsporingsinstanties toe te kennen aan de top 5. Echter, kijken we naar de top 5 in het geval van weighted connectivity centraliteit, dan zien we dat er een eenduidig verschil is tussen de top 5 van spelers. Tevens zien we dat er drie andere spelers in de top 5 staan in vergelijking met de andere centraliteitsmaten. Met weighted connectivity centraliteit komen Feri, Azahari en Sarijo in de top 5 in plaats van Idris, Imron en Dulmatin. Indien dus bij de centraliteitsanalyse meer informatie meegenomen wordt, komen andere spelers in beeld binnen de top 5 en is het onderscheidend vermogen groter. Wat opvalt is dat Idris uit de top 5 verdwijnt, terwijl hij bij de andere centraliteitsmaten een tweede plaats inneemt. Blijkbaar is zijn rol volgens

de weighted connectivity centraliteit minder belangrijk dan bij de andere maten. Een dergelijke observatie verdient nader onderzoek door analisten.

Op 10 oktober, twee dagen voor de aanslag, arriveerde Feri, die gerecruteerd werd als zelfmoordterrorist met als doelwit Paddy's bar. Te zien valt dat Feri laag scoort op alle drie de standaard centraliteitsmaten. Zowel op betweenness en closeness centraliteit scoort Feri zelfs de laagste waarde (zie tabel 3.3). Tevens valt te zien dat hij middelmatig scoort bij de graad centraliteit. Kijken we echter naar de weighted connectivity centraliteit dan behoort Feri tot de top 3. Achteraf kunnen we concluderen Feri een belangrijke rol heeft gespeeld bij de aanslag in Bali. Het tijdig onderkennen van dit risico had tot een beter inzicht in de geplande aanslag kunnen leiden. Één van de andere spelers die hoog scoort op weighted connectivity centraliteit (in tegenstelling tot de andere centraliteitsmaten) is Azahari. Hij wordt gezien als het technische brein achter de operatie en de bomexpert van Jemaah Islamiyah (Council on Foreign Relations (2009)). Zijn isolatie zou grote schade aan de uitvoerbaarheid van de operatie hebben toegebracht. We kijken in de volgende paragraaf naar het destabiliserende effect op het netwerk bij het verwijderen van eerdergenoemde spelers uit de top 5.

3.3 Introductie tot destabilisatie

Naast het identificeren van centrale spelers vragen we ons af wat het destabiliserende effect van het verwijderen/isoleren van één of meer van de spelers uit de top 5 van belangrijkste spelers zou zijn geweest. We doen dat door, zowel in het geval van betweenness centraliteit als in het geval van weighted connectivity centraliteit, opeenvolgend spelers uit de bijbehorende top 5 te verwijderen. Voor de resulterende netwerken berekenen we steeds de nieuwe waarden van $I(g)$, $S(g)$ en $\mu(g)$. Dus eerst berekenen we deze waarden indien alleen Samudra verwijderd zou worden³. Daarna berekenen we deze waarden indien zowel Samudra als de op één na belangrijkste persoon verwijderd zouden worden⁴, enzovoort. Deze waarden zijn een weergave van de bijdrage die de betreffende spelers leveren aan het netwerk met betrekking tot de centraliteitsmaat in kwestie. In tabel 3.4 presenteren we de resultaten in het geval van het opeenvolgend verwijderen van spelers uit de betweenness centraliteit top 5.

In tabel 3.5 presenteren we de resultaten in het geval van het opeenvolgend verwijderen van spelers uit de weighted connectivity centraliteit top 5.

Zowel betweenness centraliteit als weighted connectivity centraliteit identificeren Sa-

³Het resulterende netwerk wordt genoteerd met g_{-1} , zie ook paragraaf 2.4.2.

⁴Het resulterende netwerk wordt genoteerd met g_{-2} .

Netwerk	Informatie	Veiligheid	Balans
g	0,6296	0,4459	0,2808
g_{-1}	0	1	0
g_{-2}	0	1	0
g_{-3}	0	1	0
g_{-4}	0	1	0
g_{-5}	0	1	0

Tabel 3.4: Resultaat van destabilisatieanalyse volgens betweenness centraliteit van Jemaah Islamiyah's aanslag in Bali.

Netwerk	Informatie	Veiligheid	Balans
g	0,6296	0,4459	0,2808
g_{-1}	0	1	0
g_{-2}	0	1	0
g_{-3}	0	1	0
g_{-4}	0	1	0
g_{-5}	0	1	0

Tabel 3.5: Resultaat van destabilisatieanalyse volgens weighted connectivity centraliteit van Jemaah Islamiyah's aanslag in Bali.

mudra als de belangrijkste persoon in het netwerk. Uit de destabilisatieanalyse concluderen we dat alleen al het verwijderen van Samudra een grote impact gehad zou hebben. Dit komt natuurlijk door de specifieke structuur van het netwerk: Samudra was de verbindende schakel tussen twee clusters. Bij zijn verwijdering zouden beide clusters alleen komen te staan. Informatieuitwisseling zou dan niet meer mogelijk zijn.

3.4 Bevindingen

Zowel de standaard als de speltheoretische centraliteitsmaten plaatsen Samudra, Muklas, Azahari en Sarijo in de top 5 van belangrijke spelers en wijzen Samudra aan als belangrijkste speler in het netwerk. Weigthed connectivity centraliteit plaatst Feri in de top 3 en geeft Idris en Ali Imron een minder prominente plek in de ranking ten opzichte van de andere centraliteitsmaten. De overige spelers in het netwerk krijgen in iedere ranking min of meer dezelfde plek toebedeeld, zie tabel 3.3.

Het destabiliserende effect op het netwerk van het verwijderen van Samudra is groot. Zonder Samudra is het netwerk veel veiliger, volgens de in dit rapport gebruikte veilig-

heidsmaat $S(g)$. Indien we naar de structuur van het netwerk kijken (figuur 3.1) valt dit goed te verklaren. Immers, Samudra vormt de verbinding tussen twee clusters. Indien hij verwijderd zou worden dan valt het netwerk in twee stukken uiteen. Vanuit het perspectief van veiligheid is dit natuurlijk een verbetering. Immers, indien in een bepaald cluster nog meer arrestaties zouden plaatsvinden dan zou dit nooit kunnen leiden tot arrestaties in het andere cluster. Dit is ook meteen Samudra's sterkte als het gaat om informatie-uitwisseling. Indien Samudra verwijderd wordt, kan er geen informatie meer uitgewisseld worden binnen het netwerk. Met andere woorden, Samudra is erg belangrijk als het gaat om potentie van informatie-uitwisseling. Ook dit is duidelijk indien we het netwerk beschouwen: zonder Samudra is communicatie tussen de teams verantwoordelijk voor het bouwen van de bom en team Lima immers niet mogelijk, Samudra vormt de verbinding tussen deze twee clusters. Onze conclusie versterkt de observatie van Koschade (2006) op pagina 13:

“The third finding is that Samudra was the weakest point in the cell, and his capture would possibly have led to the isolation of Team Lima (which included the suicide bomber and contingency nodes) and the loss of the most active and centralized member of the network.”

We concluderen dat het isoleren van Samudra een groot destabiliserend effect op het netwerk zou hebben gehad. Het is waarschijnlijk dat de operatie geen, of in beperkte mate, doorgang had kunnen vinden indien hij was verwijderd uit het netwerk. Ook centraliteitsanalyses ondersteunen deze rol. Uit tabel 3.5 volgt tevens dat indien niet alleen de belangrijkste speler (Samudra), maar bijvoorbeeld de gehele top 2, 3, 4 of 5, verwijderd zou worden hetzelfde effect waarneembaar is. Dit is te verklaren door de essentiële rol die Samudra speelt in het netwerk. Door de bijzondere structuur van het netwerk is hij daadwerkelijk een ‘verbinder’. Het verder isoleren van meerdere spelers uit de top 5 heeft geen additioneel destabiliserend effect.

Een speler die verder opvalt door zijn hoge score bij weighted connectivity centraliteit is Feri. Hij werd gerecruteerd als zelfmoordterrorist en werd pas later aan het netwerk toegevoegd. Hij speelde geen belangrijke rol bij het uitwisselen van informatie. Achteraf weten we dat het verwijderen of isoleren van Feri de operationele uitvoering van de aanslag mogelijk had doen vertragen of mislukken, gezien zijn rol als zelfmoordterrorist (en katalysator van de aanslag). De weighted connectivity centraliteit identificeert hem als zodanig. Het meenemen van additionele informatie (in dit geval in de vorm van gewichten op de verbindingen) leidt dus tot nieuwe inzichten met betrekking tot de belangrijkheid van spelers in het netwerk. We kunnen hieruit concluderen dat een analyse

van weighted connectivity centraliteit en de daaruit volgende destabiliserende effecten een belangrijke beslissingsondersteunende rol hadden kunnen spelen bij het onderkennen van en verkrijgen van inzicht in deze aanslag.

HOOFDSTUK 4

Casus 2: Al Qa'ida en 9/11

Drie en een half jaar voor de aanslag van 11 september bracht Osama bin Laden samen met zijn volgers een *fatwa* uit waarin hij alle Moslims opriep “to kill the Americans, both civilian and military, in every country in which it was possible to do so...”.¹ In 1996 had hij al een *declaration of jihad* gericht tegen de Verenigde Staten uitgebracht (Al Islah (1996)). Aan het begin van de jaren negentig sprak Bin Laden zijn wens uit om tegen iedere prijs de terugtrekking van de Verenigde Staten uit Saoedie-Arabië tot stand te brengen. Osama Bin Laden beargumenteerde dat de aanwezigheid van buitenlandse troepen op het Arabische schiereiland een belediging was voor de Islamitische gemeenschap (Fisk (1996)). Hierop werd Bin Laden Saoedi-Arabië uitgezet en bracht hij een periode door in Sudan en daarna in Afghanistan.

4.1 De aanslag van 11 september 2001

Tijdens een presentatie aan Osama Bin Laden in Tora Bora eind jaren negentig stelde Khalid Sheikh Mohammed voor een operatie uit te voeren waarbij getrainde piloten met vliegtuigen in gebouwen zouden vliegen, zie Kean et al. (2002). Dit voorstel vormde de kiem voor de uiteindelijke operatie van 11 september 2001. Het is overigens interessant te vermelden dat Khalid Sheikh Mohammed ook in contact stond met Hambali, de leider van Jemaah Islamiyah's Indonesische cel. In het voorjaar van 1999 werd de operatie verder uitgewerkt door Bin Laden, Khalid Sheikh Mohammed en Mohamed Atef tijdens een aantal bijeenkomsten in Kandahar, zie Kean et al. (2002). Uiteindelijk werden twee groepen afzonderlijk van elkaar klaargestoomd en naar de Verenigde Staten gestuurd om de operatie uit te voeren: een groep in Hamburg bestaande uit Mohamed Atta, Ramzi

¹Verklaring gepubliceerd in Al-Quds al Arabi, 23 februari 1998, Londen.

Binalshibh², Marwan al Shehhi en Ziad Jarrah en een andere groep bestaande uit al Khalid al Mihdhar, Nawaf al Hazmi, Khallad en Abu Bara el Yemeni. Op 15 januari 2000 arriveerden Hazmi en Midhar in de Verenigde Staten en in de vroege zomer van 2000 arriveerde de groep uit Hamburg ook in de Verenigde Staten. Op 8 december 2000 arriveerde de laatste van de vier piloten, Hani Hanjour in San Diego. Gedurende de zomer en vroege herfst van 2000 werden de overige kapers geselecteerd door Bin Laden en consorten (Kean et al. (2002)), zij arriveerden vanaf begin april 2001 in de Verenigde Staten. Waarschijnlijk werd pas ergens halverwege augustus 2001 de specifieke datum voor de aanslag vastgesteld op 11 september. Enkele dagen voor 11 september verplaatsten de kapers zich naar hotels dichtbij de specifieke vliegvelden en werden overgebleven financiën teruggeboekt.

Op dinsdagochtend (lokale tijd) 11 september 2001 werd de wereld opgeschrikt door de beelden van twee vliegtuigen die zich in de Twin Towers van het World Trade Center van New York boorden. Een derde vliegtuig vloog het Pentagon in en een vierde vliegtuig stortte neer in Pennsylvania. Uiteindelijk bleken 19 kapers, waarvan het merendeel afkomstig uit Saoedi-Arabië en geleid door Mohamed Atta, rechtstreeks verantwoordelijk te zijn voor de daadwerkelijke uitvoering van de operatie. De gebeurtenissen van deze dag en de aanloop er naartoe zijn uitgebreid beschreven in de populaire media en academische literatuur, zie bijvoorbeeld Kean et al. (2002). Daarom volstaan we hier met deze beknopte beschrijving en richten we ons op de analyse van (een deel van) het operationele netwerk, zoals dat bekend is uit de wetenschappelijke literatuur.

4.2 Centraliteitsanalyse

Om een kwantitatieve centraliteitsanalyse te kunnen maken van deze operatie is gebruik gemaakt van netwerkdata die verzameld en geordend zijn door Krebs (2002). Krebs verkreeg de data over de kapers uit openbare bronnen. Er mag worden verwacht dat geclassificeerde data over deze operatie rijker, betrouwbaarder en uitgebreider zijn. Helaas stonden dergelijke data niet ter beschikking voor deze studie, en zou het te arbeidsintensief zijn geweest om dergelijke informatie (voor zover mogelijk) uit rapportages te extraheren. Om te illustreren hoe kwalitatieve data omgezet kunnen worden naar kwantitatieve netwerkdata, hebben we in paragraaf 4.2.2 als voorbeeld het '9/11 commission report' van Kean et al. (2002) als uitgangspunt genomen om extra data over de kapers in het speltheoretische model mee te nemen. Tijdens de planning van de 9/11 operatie heb-

²Uiteindelijk lukte het Binalshibh niet om een visum te krijgen en bleef hij dan ook achter als coördinator in Europa.

ben verschillende bijeenkomsten plaatsgevonden waarin de kapers taken coördineerden en de voortgang rapporteerden, een voorbeeld hiervan is een bijeenkomst in Las Vegas (Krebs (2002)). Het is dit relatienetwerk dat we gebruiken als voorbeeld voor een verdere analyse in dit rapport. In figuur 4.1 is het netwerk van Al Qa'ida's 9/11 operatie gevisualiseerd³. De kleuren in deze figuur verwijzen naar de vluchtnummers van United Airlines (UA) en American Airlines (AA), te weten UA-175 (groen), UA-93 (roze), AA-77 (blauw) en AA-11 (rood).

Allereerst analyseren we het netwerk met behulp van de standaard centraliteitsmaten graad, betweenness en closeness.

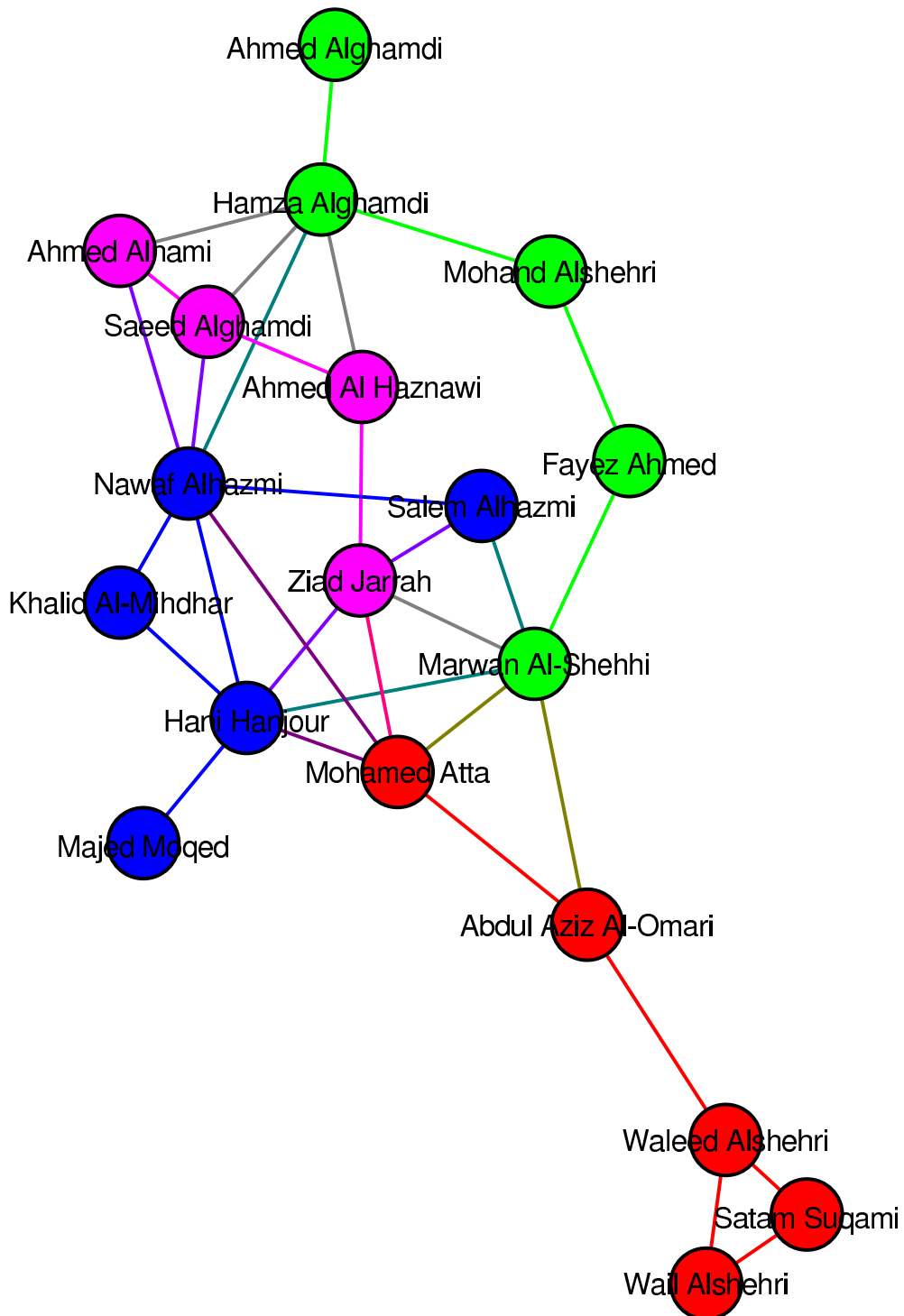
4.2.1 Standaard centraliteit

De resultaten van de standaard centraliteitsanalyse worden gepresenteerd in tabel 4.1. De personen zijn hierbij gesorteerd op graad centraliteit.

Persoon	Graad	Betweenness	Closeness
Nawaf Alhazmi	0,3889	0,3075	0,5143
Marwan Al-Shehhi	0,3333	0,2097	0,4865
Hamza Alghamdi	0,3333	0,1881	0,4390
Hani Hanjour	0,3333	0,1673	0,4865
Mohamed Atta	0,2778	0,2142	0,5143
Ziad Jarrah	0,2778	0,0751	0,4615
Saeed Alghamdi	0,2222	0,0100	0,4091
Abdul Aziz Al-Omari	0,1667	0,2941	0,4286
Waleed Alshehri	0,1667	0,2092	0,3273
Ahmed Al Haznawi	0,1667	0,0297	0,4000
Salem Alhazmi	0,1667	0,0137	0,4390
Ahmed Alnami	0,1667	0	0,3913
Mohand Alshehri	0,1111	0,0337	0,3600
Fayez Ahmed	0,1111	0,0516	0,3913
Khalid Al-Mihdhar	0,1111	0	0,3830
Satam Suqami	0,1111	0	0,2535
Wail Alshehri	0,1111	0	0,2535
Majed Moqed	0,0566	0	0,3333
Ahmed Alghamdi	0,0556	0	0,3103

Tabel 4.1: Standaard centraliteitswaarden van Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

³Softwarepakket Gephi (<http://gephi.org>) is gebruikt om het netwerk te visualiseren. Hierbij is gebruik gemaakt van een algoritme dat clusters in het netwerk identificeert. De locaties van en afstanden tussen personen zijn gekozen om deze clusters te visualiseren en hebben geen wiskundige betekenis.



Figuur 4.1: Netwerk van Al Qa'ida's 9/11 operatie met vluchtnummers UA-175 (groen), UA-93 (roze), AA-77 (blauw) en AA-11 (rood).

Allereerst valt op dat Nawaf Alhazmi het hoogste scoort op zowel graad als betweenness centraliteit. Alhazmi had regelmatig contact met Mohamed Atta gedurende de zomer van 2001 en er wordt verondersteld dat hij een grote rol bij de operationele planning van de operatie speelde (Los Angeles Times (2002)). Tevens zien we dat Abdul Aziz al-Omari en Mohamed Atta hoog scoren op betweenness centraliteit. Dit volgt uit het feit dat Mohamed Atta de operationele leider was en Al-Omari samen met Atta de verbinding vormde tussen de kapers van American Airlines vlucht 11 en de rest van het netwerk. Indien we naar de closeness centraliteitsmaat kijken zien we dat Atta samen met Alhazmi hoog scoren. Zij stonden dicht bij de rest van het netwerk en ook dit valt te verklaren uit de coördinerende rollen die zij op zich namen gedurende de operatie, zie Kean et al. (2002).

4.2.2 Speltheoretische centraliteit

De kracht van de speltheoretische (gewogen) centraliteitsanalyse zit in de mogelijkheid om meer informatie te modelleren dan alleen de netwerkstructuur. Daarnaast worden ook de mogelijkheden tot coalitievorming van spelers meegenomen in de berekening van centraliteit, waardoor beter inzicht verkregen wordt in de belangrijkheid van spelers binnen het netwerk. Additionele informatie betreffende spelers en relaties kan op velerlei wijze tot stand komen en ook op zeer veel verschillende manieren gemodelleerd worden. In de casus van Jemaah Islamiyah leidde de extra informatie betreffende duur en frequentie van interactie tot een model waarbij de interactie gewogen werd. De openbare dataset van Al Qa'ida die wij gebruiken voor dit onderzoek bevat alleen data betreffende de netwerkstructuur. Echter, uit andere rapportages van de 9/11 aanslag wordt snel duidelijk dat in de aanloop naar de aanslag meer informatie bekend was over sommige van de betrokkenen. Op basis van deze informatie, met name onttrokken uit het '9/11 commission report' van Kean et al. (2002), geven we een voorbeeld hoe deze extra informatie gemodelleerd zou kunnen worden met behulp van een gewogen speltheoretisch model. Allereerst verdelen we de additionele informatie in *speler*-gerelateerde informatie en *relatie*-gerelateerde informatie. Zo kan de extra informatie die gebruikt werd in de casus van Jemaah Islamiyah uit het vorige hoofdstuk gezien worden als relatie-gerelateerde informatie (frequentie en duur van interactie).

In tabel 4.2 presenteren we een voorbeeld van variabelen die een rol kunnen spelen bij speler-gerelateerde informatie. Eveneens geven we in deze tabel aan hoe en voor wie de betreffende variabele een rol speelt in de casus van Al Qa'ida's 9/11 operatie. Alle additionele informatie is verkregen uit het eerder genoemde '9/11 commission report'.

Omschrijving variabele	Voorbeeld(en)	Speler(s)	Weging
Aanwezigheid bij vergadering over planning terroristmedaden	Kuala Lumpur meeting januari 2000	Nawaf al Hazmi Khalid al-Midhar	+1
Tekenen van radicalisering	Antisemitische en anti-Amerikaanse uitlatingen, baard laten groeien, praten over Jihad en martelaarschap verheerlijken, zelfmoordtestament schrijven	Mohamed Atta Marwan al-Shehhi Ziad Jarrah	+1
Affiliatiebijeenkomst	Al-Quds moskee Hamburg	Mohamed Atta Ramzi Binalshibh Ziad Jarrah	+1
Betrokkenheid bij eerdere aanslagen	Aanslag op USS Cole	Khalid al-Midhar	+1
Deelname trainingskamp	Afgereisd naar trainingskampen in Afghanistan of Pakistan	Mohamed Atta Marwan al-Shehhi Ziad Jarrah Moussaoui	+1

Tabel 4.2: Voorbeeld van speler-gerelateerde variabelen en waardetoekenning.

Merk op dat uitvoerig onderzoek van historisch bronmateriaal meer informatie over de betrokken spelers aan het licht zal brengen. De voor deze analyse verzamelde informatie dient daarom puur een illustratief doel.

De weging van spelers gaat als volgt. Allereerst krijgt iedere speler in het netwerk een gewicht van 1. Dan, aan de hand van de beschikbare additionele informatie, krijgt een speler extra gewicht toegekend indien hij scoort op variabelen zoals die gedefinieerd zijn in samenspraak met analisten (zie

tabel 4.2 voor enkele voorbeelden). Het gewicht dat een bepaalde coalitie van spelers krijgt toebedeeld is de som van de gewichten van de spelers in die coalitie indien die coalitie samenhangend is in het netwerk, anders 0. Merk op dat we in deze casus een ander spel definiëren dan in de Jemaah Islamiyah casus. Ofwel, een speltheoretische centraliteitsanalyse maakt maatwerk mogelijk.

Indien we tabel 4.2 als uitgangspunt nemen voor het bepalen van de gewichten van de spelers in de 9/11 casus, dan wordt het totale gewicht van iedere speler gegeven in tabel 4.3.

Karakteristieke functie

Zij $g = (N, E)$ het gegeven netwerk, waarbij iedere speler i een gewicht w_i toegekend krijgt, dan definiëren we de karakteristieke functie als volgt

$$v_g^{wconn}(S) = \begin{cases} \sum_{i \in S} w_i & \text{als } S_g \text{ samenhangend,} \\ 0 & \text{anders.} \end{cases}$$

Speler	Netwerk	Netwerk met extra informatie
Ahmed Alghamdi	1	1
Hamza Alghamdi	1	1
Mohand Alshehri	1	1
Fayez Ahmed	1	1
Marwan Al-Shehhi	1	3
Ahmed Alnami	1	1
Saeed Alghamdi	1	1
Ahmed Al Haznawi	1	1
Ziad Jarrah	1	4
Salem Alhazmi	1	1
Nawaf Alhazmi	1	1
Khalid Al-Mihdhar	1	3
Hani Hanjour	1	1
Majed Moqed	1	1
Mohamed Atta	1	4
Abdul Aziz Al-Omari	1	1
Waleed Alshehri	1	1
Satam Suqami	1	1
Wail Alshehri	1	1

Tabel 4.3: Weging van spelers voor speltheoretische centraliteitsanalyse.

De waarde van bijvoorbeeld de coalitie bestaande uit Mohamed Atta, Marwan al-Shehhi en Abdul Aziz Al-Omari is gelijk aan $3 + 4 + 1 = 8$, deze coalitie is immers samenhangend in het netwerk (zie figuur 4.1). De waarde van de coalitie bestaande uit Mohamed Atta, Marwan Al-Shehhi en Satam Suqami daarentegen heeft een waarde van 0, de spelers kunnen immers niet allen onderling communiceren. We berekenen de waarde voor iedere coalitie en aan de hand daarvan de weighted connectivity centraliteit met behulp van de Shapleywaarde, zie paragraaf 2.3. Uiteraard dient de weging zoals gepresenteerd in tabel 4.3 vooral ter illustratie van de wijze waarop bepaalde factoren meegenomen kunnen worden in een speltheoretische centraliteitsanalyse. Nauwkeurigere en meer diepgaande analyse van de beschikbare additionele data is een onderwerp voor toekomstig onderzoek. Het opstellen en wegen van de resulterende variabelen dient altijd in overleg met analisten te gebeuren om zodoende een zo realistisch mogelijk model te verkrijgen.

We presenteren de resultaten van de speltheoretische centraliteitsanalyse in tabel 4.4. De spelers zijn hierbij gesorteerd op connectivity centraliteit. Merk op dat wederom niet

Speler	Connectivity	Weighted connectivity
Abdul Aziz Al-Omari	0,2366	6,0957
Hamza Alghamdi	0,2344	5,5770
Hani Hanjour	0,2234	5,4026
Waleed Alshehri	0,2034	5,5622
Marwan Al-Shehhi	0,0934	2,2026
Nawaf Alhazmi	0,0864	1,5696
Mohamed Atta	0,0476	1,6003
Ziad Jarrah	0,0323	1,3108
Ahmed Al Haznawi	0,0150	0,4966
Mohand Alshehri	0,0138	0,6300
Salem Alhazmi	0,0060	0,2804
Saeed Alghamdi	0,0053	0,2336
Fayez Ahmed	-0,0024	0,2920
Ahmed Alnami	-0,0038	0,1496
Khalid Al-Mihdhar	-0,0088	0,5612
Satam Suqami	-0,0424	-0,3690
Wail Alshehri	-0,0424	-0,3690
Ahmed Alghamdi	-0,0449	-0,5351
Majed Moqed	-0,0530	-0,6911

Tabel 4.4: Speltheoretische centraliteitswaarden van Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

de waarde, maar alleen de plaats van een speler in de lijst van belang is in onze analyse.

Het onderscheidend vermogen van de speltheoretische centraliteitsmaten is (wederom) groter dan die van de standaard centraliteitsmaten (zie tabellen 4.1 en 4.4). Alleen Satam Suqami en Wail Alshehri hebben voor iedere centraliteitsmaat, inclusief de (weighted) connectivity centraliteit, eenzelfde ranking. Uit figuur 4.1 volgt dat deze twee spelers uitwisselbaar (ofwel symmetrisch) zijn, waardoor ze even hoog zullen scoren op iedere centraliteitsmaat die alleen naar de netwerkstructuur kijkt. In dit geval behalen deze twee spelers ook bij weighted connectivity centraliteit eenzelfde ranking, doordat ze beide een gelijk gewicht krijgen toegewezen, zie tabel 4.3.

In tabel 4.5 is een ranking van de spelers opgesteld voor ieder van de berekende centraliteitsmaten. Hierbij zijn groepjes spelers die binnen een ranking een gelijke waarde hebben voorzien van hetzelfde symbool (*, ●, ◇, ★ of ○). Het onderscheidend vermogen van de standaard centraliteitsmaten graad en closeness is laag: er zijn veel spelers met een gelijke waarde voor deze maten. De betweenness centraliteit geeft een eenduidige ranking voor de spelers die een positieve waarde behalen voor deze maat. Spelers die

Graad	Betweenness	Closeness	Connectivity	W. connectivity
N. Alhazmi	N. Alhazmi	N. Alhazmi*	A. Aziz al-Omari	A. Aziz al-Omari
M. al-Shehhi*	A. Aziz al-Omari	M. Atta*	H. Alghamdi	H. Alghamdi
H. Alghamdi*	M. Atta	M. al-Shehhi•	H. Hanjour	Wd. Alshehri
H. Hanjour*	M. al-Shehhi	H. Hanjour•	Wd. Alshehri	H. Hanjour
M. Atta•	Wd. Alshehri	Z. Jarrah	M. al-Shehhi	M. al-Shehhi
Z. Jarrah•	H. Alghamdi	H. Alghamdi◊	N. Alhazmi	M. Atta
S. Alghamdi	H. Hanjour	S. Alhazmi◊	M. Atta	N. Alhazmi
A. Aziz al-Omari◊	Z. Jarrah	A. Aziz al-Omari	Z. Jarrah	Z. Jarrah
Wd. Alshehri◊	F. Ahmed	S. Alghamdi	A. al Haznawi	M. Alshehri
A. al Haznawi◊	M. Alshehri	A. al Haznawi	M. Alshehri	K. al-Midhar
S. Alhazmi◊	A. Al Haznawi	F. Ahmed*	S. Alhazmi	A. al Haznawi
A. Alnami◊	S. Alhazmi	A. Alnami*	S. Alghamdi	F. Ahmed
F. Ahmed*	S. Alghamdi*	K. al-Midhar	F. Ahmed	S. Alhazmi
M. Alshehri*	A. Alnami*	M. Alshehri	A. Alnami	S. Alghamdi
K. al-Midhar*	K. al-Midhar*	M. Moqed	K. al-Midhar	A. Alnami
S. Suqami*	S. Suqami*	Wd. Alshehri	S. Suqami*	S. Suqami*
W. Alshehri*	W. Alshehri*	A. Alghamdi	W. Alshehri*	W. Alshehri*
A. Alghamdi◊	A. Alghamdi*	W. Alshehri◊	A. Alghamdi	A. Alghamdi
M. Moqed◊	M. Moqed*	S. Suqami◊	M. Moqed	M. Moqed

Tabel 4.5: Ranking naar belangrijkheid van spelers van Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

zich in de periferie van het netwerk bevinden, zijn echter niet onderling onderscheidbaar. In deze casus loont het dus om de (weighted) connectivity centraliteit te gebruiken om te bepalen welke spelers actief gevolgd moeten worden. Tevens kunnen deze speltheoretische centraliteitsmaten toegepast worden om netwerkdestabilisatie gericht vorm te geven.

4.2.3 Discussie

Net als bij de Jemaah Islamiyah casus bespreken we de top 5 van spelers voor zowel de standaard als speltheoretische centraliteitsmaten. Voor iedere maat is deze top 5 weergegeven boven de lijn in tabel 4.5. Merk op dat de top 5 bij de graad en closeness centraliteit uit meer dan 5 spelers bestaat, aangezien er meerdere spelers zijn met dezelfde waarde voor de maten in kwestie.

Kijken we naar de top 5 van spelers dan concluderen we allereerst dat de standaard centraliteitsmaten en de speltheoretische centraliteitsmaten duidelijke verschillen tonen. Volgens de standaard centraliteitsmaten is Nawaf Alhazmi de belangrijkste speler voor deze operatie. Hij scoort immers het hoogst op alle drie de standaardmaten. Daarnaast nemen Mohamed Atta, Marwan al-Shehhi en Abdul Aziz al-Omari voor zowel de graad, betweenness als closeness centraliteit steeds een plaats in de top 5 in. Een eenduidige ordening van deze drie spelers is echter niet op te stellen op basis van de standaard

centraliteitsanalyse. De speltheoretische centraliteitsmaten wijzen Abdul Aziz al-Omari aan als de belangrijkste speler voor de operatie. De resterende plaatsen in de top 5 worden ingenomen door Hamza Alghamdi, Marwan al-Shehhi, Hani Hanjour en Waleed Alshehri, waarbij, afhankelijk van de maat, deze laatste twee van plaats wisselen. Opvallend is dat Nawaf Alhazmi in beide speltheoretische rankings niet in de top 5 voorkomt. Een nadere bestudering van figuur 4.1 verklaart dit. Uit de figuur volgt dat Nawaf Alhazmi duidelijk niet de enige speler is die zich nabij het ‘midden’ van het netwerk bevindt. Er zijn andere spelers die zich in de buurt van het midden ophouden en tegelijkertijd fungeren als schakel tussen de verschillende delen van het netwerk. Dit zijn de spelers die het netwerk tot een netwerk maken, de zogenaamde ‘verbinders’. Één van deze spelers is bijvoorbeeld Hamza Alghamdi, die samen met Marwan al-Shehhi de verbinding vormt tussen United Airlines vlucht 175 en de rest van de kapers. Ook Abdul Aziz al-Omari en Waleed Alshehri vormen cruciale schakels (zowel intern als extern) met betrekking tot American Airlines vlucht 11. Dit is de reden dat deze spelers een plaats innemen in de top 5 van de speltheoretische centraliteitsmaten.

In deze casus valt tevens op dat de connectivity centraliteit, in vergelijking met de standaard centraliteitsmaten, al direct een andere ranking van spelers oplevert. De weighted connectivity centraliteit levert ditmaal niet veel nieuwe inzichten op. Dit is te verklaren doordat de gebruikte additionele informatie voor deze casus erg marginaal is. Het beschikbaar stellen van extra speler- en relatie-gerelateerde informatie zal leiden tot een realistischer model en een beter begrip van het onderliggende netwerk.

4.3 Introductie tot destabilisatie

Voor de 9/11 aanslag bestuderen we tevens het destabiliserende effect indien spelers uit de top 5 uit het netwerk verwijderd zouden worden. We bekijken zowel het destabiliserende effect indien de top 5 bepaald wordt met betweenness centraliteit en het effect indien de top 5 bepaald wordt met weighted connectivity centraliteit. We kiezen voor de betweenness centraliteit, aangezien we voor deze graaftheoretische maat een eenduidige top 5 kunnen opstellen (voor de graad en closeness centraliteit gaat dit niet op).

Volgens de betweenness centraliteit zijn de 5 belangrijkste spelers: Nawaf Alhazmi, Abdul Aziz al-Omari, Mohamed Atta, Marwan al-Shehhi en Waleed Alshehri. In tabel 4.6 presenteren we de waarden van $S(g)$, $I(g)$ en $\mu(g)$ indien opeenvolgend deze spelers uit het netwerk verwijderd zouden worden.

We zien dat indien de belangrijkste speler volgens betweenness centraliteit, Nawaf Alhazmi, uit het netwerk verwijderd wordt, de veiligheid van het netwerk iets toeneemt

Netwerk	Informatie	Veiligheid	Balans
g	0,3826	0,7269	0,2781
g_{-1}	0,3297	0,7524	0,2481
g_{-2}	0	1	0
g_{-3}	0	1	0
g_{-4}	0	1	0
g_{-5}	0	1	0

Tabel 4.6: Resultaat van destabilisatieanalyse volgens betweenness centraliteit van Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

en de potentie van informatie-uitwisseling iets vermindert. Het netwerk wordt echter niet zodanig verstoord dat de operatie in gevaar lijkt te komen. Pas indien Nawaf Alhazmi *en* Abdul Aziz al-Omari samen verwijderd worden, valt het netwerk in twee stukken uiteen.

Als we naar de 5 belangrijkste spelers volgens de weighted connectivity centraliteitsanalyse kijken dan zijn dit respectievelijk Abdul Aziz al-Omari, Hamza Alghamdi, Waleed Alshehri, Hani Hanjour en Marwan al-Shehhi. Het effect van destabilisatie gebaseerd op deze spelers wordt weergegeven in tabel 4.7.

Netwerk	Informatie	Veiligheid	Balans
g	0,3826	0,7269	0,2781
g_{-1}	0	1	0
g_{-2}	0	1	0
g_{-3}	0	1	0
g_{-4}	0	1	0
g_{-5}	0	1	0

Tabel 4.7: Resultaat van destabilisatieanalyse volgens weighted connectivity centraliteit van Al Qa'ida's 9/11 aanslag.

Volgens weighted connectivity centraliteit is Aziz al-Omari de belangrijkste persoon. Indien hij als eerste verwijderd wordt dan geldt voor het resulterende netwerk dat de potentie van informatie-uitwisseling en de balans tussen informatie en veiligheid meteen 0 worden. Dit zou resulteren in het isoleren van een deel van de groep (Waleed en Wail Alshehri en Satam Suqami) verantwoordelijk voor het kapen van American Airlines vlucht 11 die in de noordelijke toren van het WTC vloog. We kunnen dus concluderen dat voor de 9/11 casus destabilisatie van het netwerk met behulp van weighted connectivity centraliteit sneller resultaat zou opleveren dan met behulp van betweenness centraliteit.

4.4 Bevindingen

De standaard centraliteitsmaten wijzen Nawaf Alhazmi aan als de belangrijkste speler voor de operatie. Het destabiliserende effect van het verwijderen van Nawaf Alhazmi uit het netwerk is echter maar gering. Met andere woorden, de resterende kapers ondervinden weinig hinder van de afwezigheid van Nawaf Alhazmi in het netwerk en de operatie loopt geen gevaar. Abdul Aziz al-Omari fungeert als ‘verbinder’ tussen twee delen van het netwerk. Doordat de betweenness centraliteit hem aanwijst als op één na belangrijkste persoon, levert het verwijderen van Nawaf Alhazmi en Abdul Aziz al-Omari samen wel problemen op voor de voortgang van de operatie. Zouden we echter de graad of closeness centraliteit beschouwen, dan dienen er al meer dan twee spelers uit het netwerk verwijderd te worden om de operatie tot stilstand te brengen. De (weighted) connectivity centraliteit is daarentegen wel geschikt om de cruciale schakels in het netwerk in kaart te brengen. Het verwijderen van de belangrijkste speler, Abdul Aziz al-Omari, levert direct serieuze problemen op voor de organisatie van de operatie. Zouden opeenvolgend andere spelers uit de top 5 verwijderd worden, dan leidt dit tot een netwerk bestaande uit meerdere geïsoleerde delen. We concluderen dat de (weighted) connectivity centraliteit voor deze casus het meest geschikt is om de belangrijkste spelers binnen het netwerk te identificeren.

HOOFDSTUK 5

Conclusies en slotbeschouwing

Dit rapport onderzoekt de mogelijkheden om aan de hand van wiskundige modellen te bepalen wie de belangrijkste personen in een terroristisch netwerk zijn. Door gebruik te maken van formules uit de wiskundige grafentheorie en speltheorie is het mogelijk om rankings op te stellen die de mate van belangrijkheid van personen in een netwerk weergeven. Deze wiskundige formules worden ook wel centraliteitsmaten genoemd. De praktische toepassing van deze aanpak wordt geïllustreerd aan de hand van een tweetal casussen, te weten de aanslag van Jemaah Islamiyah in Bali in 2002 en Al Qa'ida's operatie van 11 september 2001.

5.1 Conclusies

De conclusies van deze studie luiden:

- 1 **Kwantitatieve netwerkanalyses door middel van grafentheorie en speltheorie zijn bruikbaar in de praktijk voor het inzichtelijk maken van belangrijke personen in terroristische netwerken, evenals voor het inzichtelijk maken van de effecten van verwijdering van één of meer van de belangrijke personen in die netwerken.**

Centraliteitsmaten kunnen worden gebruikt om belangrijke personen in een terroristisch netwerk aan te wijzen. De casussen van Jemaah Islamiyah en Al Qa'ida tonen aan dat met behulp van centraliteitsmaten gebaseerd op grafentheorie en speltheorie rankings van de belangrijke personen in een netwerk kunnen worden gegenereerd. Tevens wordt in de casussen getoond hoe centraliteitsanalyses in de praktijk als basis kunnen dienen om het effect van het opeenvolgend verwijderen van belangrijke personen uit een terroristisch netwerk te bepalen.

2 Voor de standaard centraliteitsmaten (graad, betweenness en closeness) en de speltheoretische centraliteitsmaten (connectivity en weighted connectivity) kunnen op basis van de resultaten van de casussen van Jemaah Islamiyah en Al Qa'ida de volgende kenmerken van deze onderzochte maten worden onderkend.

Centraliteitsmaat	Structuur netwerk	Additionele informatie	Onderscheidend vermogen	Destabilisatie
Graad	Directe relaties	–	–	+
Betweenness	Schakel tussen personen	–	+	+
Closeness	Afstand tussen personen	–	+	+
Connectivity	Coalities van personen	–	++	++
Weighted connectivity	Coalities van personen	+	++	++

Tabel 5.1: Vergelijking kenmerken standaard en speltheoretische centraliteitsmaten.

Toelichting: Bovenstaande tabel is als volgt te lezen. Bij het toepassen van bijvoorbeeld de weighted connectivity centraliteitsmaat, worden alle mogelijke samenwerkingsverbanden van personen in het netwerk meegenomen (*structuur netwerk*). Tevens kan informatie over zowel de personen in het netwerk als over de relaties tussen deze personen worden meegenomen (*additionele informatie*). De centraliteitsmaat levert een ranking van personen op, waarbij duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen de posities van verschillende personen in de ranking (*onderscheidend vermogen*). Wanneer de centraliteitsmaat als basis dient om te bepalen welke personen uit het netwerk verwijderd of geïsoleerd dienen te worden, dan heeft dit een groot destabiliserend effect op het netwerk (*destabilisatie*).

Uit tabel 5.1 volgt:

a **Speltheorie maakt het mogelijk zowel persoonsgebonden aspecten (zoals betrokkenheid bij eerdere aanslagen, radicalisering) als relatiegebonden aspecten (zoals aard en type van relatie, uitwisselen van materialen voor bom) mee te nemen in een kwantitatieve centraliteitsanalyse.**

Zowel uit de Jemaah Islamiyah casus als de Al Qa'ida 9/11 casus komt naar voren dat in het algemeen meer data beschikbaar zijn dan alleen informatie over de

netwerkstructuur. Bij de Jemaah Islamiyah casus betreft dit informatie over de *relaties tussen de personen* en bij de Al Qa'ida casus betreft dit *persoonsgebonden* informatie. Om dergelijke additionele informatie optimaal te benutten dienen de in dit rapport ontwikkelde centraliteitsanalyses gebaseerd op speltheorie verder uitgewerkt te worden en dient zodanig een algemeen model ontwikkeld te worden waarbij context-relevante variabelen en bijbehorende wegingsfactoren in overeenstemming worden gebracht met domeindeskundigen.

b Het toepassen van speltheoretische centraliteitsmaten naast standaard centraliteitsmaten levert aanvullende inzichten op.

Speltheoretische centraliteitsmaten zorgen dat bepaalde personen op basis van persoons- en relatiegebonden informatie een prominentere rol in de ranking toebedeeld krijgen dan bij standaard centraliteitsmaten. Bij de analyse van de Jemaah Islamiyah casus komt bij de speltheoretische analyse bijvoorbeeld Feri, één van de twee zelfmoordterroristen, in de top 3 te staan. Daarnaast vertonen speltheoretische centraliteitsmaten een groter onderscheidend vermogen dan standaard centraliteitsmaten. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de analyse van de Jemaah Islamiyah casus, waarbij weighted connectivity centraliteit expliciet verschil maakt tussen de personen in de top 5. De standaard centraliteitsanalyses zijn niet in staat om dit onderscheid te maken.

c Aan de hand van speltheoretische centraliteitsmaten kan een groter destabiliserende effect, gemeten als de balans tussen informatie en veiligheid, bereikt worden dan bij standaard centraliteitsmaten wanneer eenzelfde aantal personen uit een terroristisch netwerk wordt verwijderd of geïsoleerd.

In de casus van Al Qa'ida's 9/11 operatie wordt geïllustreerd dat de speltheoretische centraliteitsmaten de persoon aanwijzen die, na verwijdering, het netwerk uiteen laat vallen. Gebruikmakend van standaard centraliteitsmaten dienen er minstens twee personen verwijderd te worden om eenzelfde effect te bewerkstelligen. Om beter inzicht te verkrijgen in het effect van het verwijderen of isoleren van personen uit een netwerk, dienen speltheoretische centraliteitsanalyses gecombineerd te worden met destabilisatie-analyses.

3 Het uitvoeren van een netwerkanalyse waarbij verschillende centraliteitsmaten tegelijkertijd met elkaar worden vergeleken levert een extra dimensie op met betrekking tot de interpretatie van netwerkstructuren en persoons- en relatiegebonden informatie.

Zo blijkt uit de casus van Al Qa'ida dat de persoon die bovenaan staat in de op

standaard centraliteitsmaten gebaseerde rankings, niet in de top 5 voorkomt bij de speltheoretische rankings. Dit inzicht nodigt uit tot verder onderzoek naar de rol van deze persoon binnen het terroristische netwerk.

4 Ondanks het gebrek aan nauwkeurige en betrouwbare kwantitatieve data uit open literatuur, is het mogelijk waardevolle uitspraken te doen over terroristische netwerken, gebaseerd op kwantitatieve centraliteitsanalyses van deze netwerken.

Bij de analyse van de casussen van Jemaah Islamiyah en Al Qa'ida is slechts gebruik gemaakt van openbaar beschikbare data. Ook in de praktijk zal het voorkomen dat zowel de openbare als geclassificeerde data onvolledig zijn. Desondanks volgt uit de twee casussen dat het mogelijk is om goede modellen op te stellen en waardevolle analyses uit te voeren. Het moge duidelijk zijn dat de kwaliteit van een kwantitatieve analyse van terroristische netwerken zal toenemen naarmate meer nauwkeurige en betrouwbare data beschikbaar zijn.

5 Netwerkanalyse door middel van grafentheorie en speltheorie in de praktijk kent vier fasen: initiëren, data verzamelen en classificeren, analyse, acties.

Een team van domeinspecialisten, een specialist op het gebied van speltheoretische centraliteitsmethodologie en ict-deskundigen dienen deze vier fasen (iteratief) te doorlopen. Hierbij dient gebruik te worden gemaakt van gestandaardiseerde lijsten om netwerkinformatie te verzamelen en beheren, een speltheoretisch model dat karakteristiek is voor het terroristische netwerk in kwestie en software om de beoogde analyses uit te voeren. Om te functioneren als beslissingsondersteunend instrument ten behoeve van analyses voor de ambtelijke en politieke leiding en beleidsmakers op het gebied van terrorismebestrijding is nadere uitwerking van een protocol dat netwerkanalyse faciliteert noodzakelijk.

5.2 Slotbeschouwing

In dit rapport zijn wiskundige modellen onderzocht en ontwikkeld die belangrijke personen binnen een terroristisch netwerk helpen identificeren. Tevens is onderzocht wat het effect op het netwerk is wanneer belangrijke personen worden verwijderd of geïsoleerd. Deze zogenaamde centraliteitsmaten en destabilisatiestrategieën zijn toegepast op een tweetal casussen.

In deze paragraaf zal kort een mogelijk implementatietraject worden geschetst voor toepassing van de ontwikkelde methodologie in de praktijk. In dit traject dienen de vier

fasen van de inlichtingencyclus te worden doorlopen. De eerste stap is het bepalen welke informatie over het netwerk in kwestie verzameld dient te worden en hier gestandaardiseerde lijsten voor op te stellen. Deze stap wordt beschreven bij “initiëren”. De tweede stap bestaat uit het daadwerkelijk verzamelen en classificeren van alle data die over de personen in het netwerk en hun onderlinge relaties beschikbaar zijn. Deze stap wordt beschreven bij “data verzamelen en classificeren”. Vervolgens wordt het netwerk geanalyseerd. Deze fase van het project wordt beschreven bij “analyse”. Tot slot zullen de mogelijke acties die voortkomen uit de analyse worden besproken bij “acties”.

- 1 **Initiëren.** Allereerst dient een team opgezet te worden dat zich specifiek gaat richten op het identificeren van de belangrijke personen in het netwerk. Dit team dient te bestaan uit domeinspecialisten, een specialist op het gebied van speltheoretische centraliteitsmethodologie en ict-deskundigen. Dit team zal op basis van beschikbare informatie een netwerk opstellen en vervolgens analyseren. Er dient een gestandaardiseerde lijst opgesteld te worden, zodat van iedere persoon in het netwerk dezelfde informatie wordt verzameld. Domeinspecialisten en methodoloog dienen in overleg te komen tot een vorm om deze kwalitatieve informatie te kwantificeren. Tevens dienen wegingsfactoren te worden opgesteld voor ieder van de persoons- en relatiegebonden kenmerken op de gestandaardiseerde lijst. De ict-deskundigen zullen de data geschikt moeten maken voor invoer in de software die gebruikt gaat worden in de analyse.
- 2 **Data verzamelen en classificeren.** Niet alleen dient bekend te zijn welke personen (mogelijk) deel uitmaken van het netwerk, ook hun onderlinge relaties zijn van belang. Van iedere persoon dient zoveel mogelijk informatie verzameld te worden, de zogenaamde persoonsgebonden informatie. Naast kenmerken genoemd in paragraaf 1.2 kunnen bijvoorbeeld zaken als vermogen en reisgedrag (via vluchtgegevens of GPS-data) worden meegenomen. Tevens dienen relaties tussen de personen in het netwerk in kaart gebracht te worden, de zogenaamde relatiegebonden informatie. Deze relaties kunnen verschillende vormen aannemen, zoals interactie of affiliatie. Bij interactie dient onderscheid te worden gemaakt tussen het type interactie (e-mail, telefonisch, *face to face*) en de frequentie en duur van de interactie (zie ook paragraaf 1.2). Bij affiliatie kan betrokkenheid bij andere gebeurtenissen, variërend van bijeenkomsten tot aanslagen, worden meegenomen.
- 3 **Analyse.** Er dient een speltheoretisch model te worden gedefinieerd dat karakteristiek is voor het betreffende terroristische netwerk. Dit model definieert hoe de eerder verzamelde kwantitatieve persoons- en relatiegebonden data meegenomen worden in

de berekening van de waardes van coalities van personen. Nadat een dergelijk model is geïmplementeerd in software kunnen centraliteitsanalyses door de software worden uitgevoerd. Om maatwerk te kunnen leveren is het noodzakelijk dat de methodoloog nauw betrokken is bij het opzetten van het speltheoretische model en tevens inzage heeft in de geclassificeerde data.

De gebruikte software dient de mogelijkheid te bieden om via tabellen of een database de kwantitatieve data uit gestandaardiseerde lijsten toegankelijk te maken voor invoer door gebruikers en berekeningen door de software zelf, zoals bijvoorbeeld het wiskundige softwarepakket *Matlab*. Deze taak zal vooral bij de ict-deskundigen liggen in samenspraak met de speltheoretische methodoloog. Bij de interpretatie van de resultaten uit de analyse dienen domeinspecialisten, analisten en methodoloog betrokken te zijn. De verkregen resultaten kunnen vergeleken worden met kwalitatieve analyses van het netwerk en indien gewenst kan het gebruikte model worden bijgewerkt.

- 4 **Acties.** Op basis van de resultaten uit de centraliteitsanalyse kunnen acties ondernomen worden, zoals het observeren of volgen van personen uit het netwerk. Dit kan leiden tot nieuwe informatie over het netwerk of veranderende omstandigheden. Zo kunnen nieuwe personen of relaties tussen personen aan het licht komen, maar het kan ook voorkomen dat bepaalde personen of relaties uit het netwerk verwijderd worden. Daarnaast kan nieuw verkregen persoons- of relatiegebonden informatie leiden tot aanpassing van wegingsfactoren binnen het speltheoretische model. Tevens kunnen uitkomsten van de analyse nieuwe of veranderende inzichten opleveren waardoor ook weer nieuwe vragen boven komen drijven. De stappen 2, 3 en 4 kunnen daarom in de praktijk iteratief doorlopen worden.

Summary

In this report the researchers focus on identifying important individuals in terrorist networks. First because such individuals pose a threat to Dutch society. Second, due to the scarceness of resources of intelligence and security agencies it is possible to focus only on a limited part of a network.

Does there exist a decision support methodology in the quantitative domain that identifies important individuals in terrorist networks? And how can such a methodology be used to allocate scarce observation resources and to destabilize terrorist networks? These questions are at the heart of this report. To provide an answer to these questions the researchers applied centrality analysis from graph theory (i.e. social network analysis) as well as power indices from cooperative game theory to two case studies of terrorist networks: the operational network of Jemaah Islamiyah during the Bali bombings and Al Qa'ida's 9/11 network. The centrality analysis consists of standard centrality measures *degree*, *betweenness* and *closeness*. Degree centrality measures the number of direct relationships that an individual holds with other individuals in the network. Betweenness centrality measures the amount of network connectivity an individual enables, i.e. it measures whether an individual functions as a gatekeeper in the network. Closeness centrality reflects how close an individual is to others in the network. Next to these standard centrality measures two game theoretic centrality measures were developed and applied to the aforementioned two case studies.

Analysis shows that standard centrality measures focus on the network *structure*. However both case studies show that in reality often additional information on individuals in the network as well as on relationships between these individuals is available. Standard centrality measures are not able to model this additional information. Cooperative game theory provides a platform to develop centrality measures to analyze terrorist networks based on power indices that do take this additional information into account. This is due to the fact that cooperative game theory assigns a value to each possible coalition of individuals. Thus cooperative game theory enables the analyst to develop specific centrality measures on a case to case basis. Analysis of both case studies showed

that rankings based on cooperative game theory have a higher resolution than rankings based on standard centrality measures. In addition the researchers acknowledge that multiple rankings based on both standard centrality measures and game theoretic measures provide a more detailed account of and insight in the individuals within a terrorist network. Such an analysis thus allows for the optimal allocation of scarce observation resources and the destabilization of terrorist networks by removing the highest ranking members.

The data set used to analyze the Jemaah Islamiyah case has been obtained from scientific literature. This data set contained information about the network structure as well as information about the frequency and duration of interaction between individuals in the network. The standard centrality analyses that have been implemented so far only consider network structure. In this report it is shown how interaction related data (frequency and duration of interaction) can be used to develop rankings of individuals by the use of game theory. Both the standard and game theoretic centrality analysis of Jemaah Islamiyah's operational network in Bali identify the same individual as the most important person within the network. This individual acted as a gatekeeper between two clusters that were preparing the attack. The removal of this individual from the network would have resulted in a highly destabilizing effect on the network. In addition it is shown that the 5 highest ranking persons according to game theoretic centrality differ significantly from the 5 highest ranking persons according to standard centrality. Moreover, the game theoretic centrality measure is more suitable to distinguish between individuals. In addition it is shown that one of the suicide attackers is identified by game theoretic centrality as one of the 3 most important individuals. This in contradistinction to standard centrality that does not identify this individual as being important. In hindsight the researchers conclude that identification of this suicide attacker would have at least resulted in a disruption of the operational network. The combination of standard centrality analysis with game theoretic centrality analysis provides a more detailed account of the importance of persons in Jemaah Islamiyah's operational network during the 2002 Bali bombing.

The data set used to analyze the 9/11 case has been obtained from scientific literature as well. In addition, the researchers show how information tied to individuals, abstracted from the 9/11 commission report, can be quantified and used in a game theoretic centrality analysis. As in the Jemaah Islamiyah case, the 9/11 case shows how game theoretic centrality is more suitable to distinguish among persons in the network. If the most important individual according to standard centrality would be removed the resulting destabilizing effect on the network would be minimal. In contrast, game theoretic cen-

trality does not even identify this particular individual as being a member of the top 5 of most important persons. It turns out that the most important individual according to game theoretic centrality is the crucial link between the American Airlines flight 11 hijackers and the rest of the network. Removal of this individual would have had a highly destabilizing effect on the network.

The findings in this report exhaustively illustrate how centrality analysis based on game theoretic methodology can aid in identifying important persons in terrorist networks. Based on such quantitative methodology it is possible to develop a decision support system that can aid decision makers and politicians in the realm of counterterrorism. Both the Jemaah Islamiyah case and the 9/11 case show that game theory provides a relevant addition to analyzing and identifying important persons in terrorist networks. In addition, the researchers conclude that observing or isolating individuals in a terrorist network based on game theoretic methodology has a highly destabilizing effect on the network. Both in the Jemaah Islamiyah case and the 9/11 case game theoretic centrality identifies the backbones of the network. Among others this is due to the fact that cooperative game theory takes each possible coalition of individuals into account. Standard centrality measures such as degree, betweenness and closeness only model pairs of individuals. Additionally game theoretic centrality enables the possibility to model extra information such as information tied to individuals (for instance signs of radicalization) and information related to the interactions between individuals (for instance frequency and duration, type of communication).

To operationally implement the quantitative centrality analysis that is developed and analyzed in this report a protocol has to be developed to quantify the qualitative data. Both domain specialists as well as scientists versed in the quantitative methodology should participate in this endeavor. In addition, the game theoretic centrality measure has to be defined by domain as well as methodological specialists in order to fit to the context of the operational problem. The authors state that quantitative centrality analyses provide a valuable contribution to the identification of important persons in terrorist networks and henceforth are useful in combating the violent and disrupting phenomenon called terrorism.

Bibliografie

- Abuza, Z. (2003). *Militant Islam in Southeast Asia*. Lynne Rienner Publishers: London.
- AIVD (2009). Jaarverslag.
- Al Islah (1996). Declaration of Jihad against the Americans occupying the land of the two holy mosques. September 1996.
- Albert, R. en A.L. Barabasi (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, **406**, 378–382.
- Asal, V., B. Nussbaum, en D.W. Harrington (2007). Terrorism as transnational advocacy: an organizational and tactical examination. *Studies in Conflict and Terrorism*, **30**, 15–39.
- Atran, S. en M. Sageman (2006). Connecting the dots. *Bulletin of Atomic Scientists*, **68**, 68–70.
- Barrat, A., M. Barthelemy, en A. Vespignani (2008). *Dynamical Processes on Complex Networks*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bhaskar, D. en M.O. Jackson (2003). *Networks and Groups: Models of Strategic Formation*. Springer-Verlag.
- Bollobas, B. (1998). *Modern Graph Theory*. Springer-Verlag: New York.
- Borgatti, S.P. en M.G. Everett (2006). A graph-theoretic framework for classifying centrality measures. *Social Networks*, **28**, 466–484.
- Carley, K., J. Reminga, en N. Kamneva (2003). Destabilizing terrorist networks. *NAACSOS conference proceedings, Pittsburgh*.
- Council on Foreign Relations (2009). Jemaah Islamiyah.
- Dominguez, C.B.K. (2008). Party coalitions and interest group networks. In: Paper prepared for delivery at the Annual Meeting of the American Political Science Association, Boston, MA.

- Everett, M. en S. Borgatti (1999). The centrality of groups and classes. *Journal of Mathematical Sociology*, **23**, 181–201.
- Farley, J.D. (2003). Breaking Al Qaeda cells: a mathematical analysis of counterterrorism operations. *Studies in Conflict and Terrorism*, **26**, 399–411.
- Fisk, R. (1996). Interview with Saudi dissident Bin Laden. *Independent*.
- Freeman, L.C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, **40**, 35–41.
- Freeman, L.C. (1979). Centrality in networks: I. conceptual clarification. *Social Networks*, **1**, 215–239.
- Gunaratna, R. (2003). *Inside Al Qaeda: Global Network of Terror*. Berkley Trade.
- International Crisis Group (2002). Indonesia backgrounder: how the Jemaah Islamiyah terrorist network operates. *Asia report*, **43**.
- Jackson, B.A. (2006). Groups, Networks, or Movements: A Command-and-Control-Driven approach to Classifying Terrorist Organizations and its Application to Al Qaeda. *Studies in Conflict and Terrorism*, **29**, 241–262.
- Kean, T.H., L.H. Hamilton, en R. Ben-Veniste (2002). *The 911 Commission Report, Final Report of the National Commission on Terrorist Attacks upon the United States*. W.W. Norton and Company, Inc., New York.
- Kolaczyk, E.D., D.B. Chua, en M. Barthelemy (2009). Group betweenness and co-betweenness: Inter-related notions of coalition centrality. *Social Networks*, **31**, 190–203.
- Koschade, S. (2006). A social network analysis of Jemaah Islamiyah: the applications to counterterrorism and intelligence. *Studies in Conflict and Terrorism*, **29**, 559–575.
- Krebs, V.E. (2002). Uncloaking Terrorist Networks. *First Monday*, **7**.
- Lindelauf, R.H.A. (2009). Figthing Irregulars: The Critical Role of Network Science. *Atlantisch Perspectief*, **2**, 19–22.
- Lindelauf, R.H.A., P. Borm, en H. Hamers (2009). The Influence of Secrecy on the Communication Structure of Covert Networks. *Social Networks*, **31**, 126–137.
- Los Angeles Times (2002). Document links al Qaeda paymaster, 9/11-plotter. September 27, 2002.

- Maclean, W. (2010). Q+A-Europe terrorism alert: Fact, assertion, speculation. *Reuters News*.
- Magouirk, J., S. Atran, en M. Sageman (2008). Connecting terrorist networks. *Studies in Conflict and Terrorism*, **31**, 1–16.
- Martin, G. (2006). *Understanding Terrorism: Challenges, Perspectives and Issues*. SAGE Publications.
- Merida-Campos, C. en S. Willmott (2007). Exploring social networks in request for proposal dynamic coalition formation problems. *Lecture notes in computer science*, **4694**, 143–152.
- Mishal, S. en M. Rosenthal (2005). Al Qaeda as a dune organization: toward a topology of Islamic Terrorist Organizations. *Studies in Conflict and Terrorism*, **28**, 275–293.
- MIVD (2008). Jaarverslag.
- Neumann, J. en O. Morgenstern (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press.
- Newman, M.E.J. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, **45**, 167–256.
- Newman, M.E.J. (2004). Analysis of weighted networks. *Physical Review E*, **70**.
- Ressler, S. (2006). Social network analysis as an approach to combat terrorism: past, present and future research. *Homeland Security Affairs*, **2**, 1–10.
- Rollins, J. (2010). Al Qaeda and affiliates: historical perspective, global presence, and implications for U.S. policy. *Congressional Research Service (CRS) Reports and Issue Briefs*.
- Sparrow, M.K. (1991). The application of network analysis to criminal intelligence. *Social Networks*, **13**, 251–274.
- The New Zealand Herald (2003). Court sentences second man to death for Bali bombings. September 10, 2003.
- Wasserman, S. en K. Faust (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications (Structural Analysis in the Social Sciences)*. Cambridge University Press.
- Wise, W.M. (2005). Indonesia's War on Terror. *United States-Indonesia Society*.
- Wright, L. (2006). *The Looming Tower: Al Qaeda and the road to 9/11*. Knopf.