Die kwantifisering en toepassing van modulariteit in die Afrikaanse filmbedryf (1994–2014) as 'n komplekse netwerk

Author:
Burgert A. Senekal¹

Affiliation:
¹Unit for Language Facilitation and Empowerment, University of the Free State, South Africa

Correspondence to:
Burgert Senekal

Email:
senekalba@ufs.ac.za

Postal address:
PO Box 28764, Danhof 9310, South Africa

Dates:
Received: 24 Apr. 2015
Accepted: 03 Aug. 2015
Published: 30 Sept. 2015

How to cite this article:
Senekal, B.A., 2015, 'Die kwantifisering en toepassing van modulariteit in die Afrikaanse filmbedryf (1994–2014) as 'n komplekse netwerk', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 34(1), Art. #1305, 8 pages.
<http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v34i1.1305>

Copyright:
© 2015. The Authors.
Licensee: AOSIS
OpenJournals. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.

Read online:

Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Die netwerkteorie het die afgelope aantal jare 'ontplof', deels vanweë ontwikkelinge in rekenaarprogrammatuur en -apparatuur, en deels vanweë die toenemende beskikbaarheid van groot, digitale datastelle. Die meerderheid ontwikkelinge het vanuit die gemeenskap van fisici plaasgevind, veral na twee seminale studies in die laat negentigerjare in hierdie veld die lig gesien het, en sedertdien het ontwikkelinge binne die teorie van komplekse netwerke só vinnig toegeneem dat daar min velde binne die wetenskap is waar dié teorie nog nie toegepas is nie.

Quantifying and applying modularity in the Afrikaans film industry (1994–2014) as a complex network. Network theory has become an indispensable theoretical framework for the study of complex systems, and significant advances have been made within the community of physicists who study network topology. One problem, however, is that applications have been less extensive than theoretical and algorithmic developments, and in this article, the concept of modularity is discussed and applied to the Afrikaans film industry in order to investigate how modularity can inform us about the structure of this industry. By constructing a network of everyone involved in all the Afrikaans films released between 1994 and 2014, modularity is calculated, using the Blondel *et al.* algorithm. And it is illustrated that some directors tend to use similar groups of people in their films, but it is also indicated that other directors use more diverse sets of people. Suggestions are made as well for further research.

Inleiding

Die netwerkteorie het die afgelope aantal jare 'ontplof' (Watts 2004:243, 2011:82), deels vanweë ontwikkelinge in rekenaarprogrammatuur en -apparatuur, maar ook vanweë die toenemende beskikbaarheid van groot, digitale datastelle. Die meerderheid ontwikkelinge het vanuit die gemeenskap van fisici plaasgevind, veral na twee seminale studies in die laat negentigerjare binne hierdie veld die lig gesien het (Barabási & Albert 1999; Watts & Strogatz 1998), en sedertdien het ontwikkelinge binne die teorie van komplekse netwerke só vinnig toegeneem dat daar min velde binne die wetenskap is waar dié teorie nog nie toegepas is nie.

Een van die soorte netwerke wat die meeste bestudeer is, is die internasionale filmnetwerk van akteurs (Adamic & Huberman 2000; Amaral *et al.* 2000; Chang *et al.* 2007; Centola, Eguíluz & Macy 2007; Guillaume & Latapy 2006; Jeong 2003; Latapy, Magnien & Del Vecchio 2008; Nacher & Akutsu 2011; Newman, Strogatz & Watts 2001; Zhang *et al.* 2006). Soos Newman (2010:54) egter uitwys, is dit nie duidelik of daar enige gevolgtrekkings van werklike wetenskaplike waarde op grond van die studie van die filmnetwerk van akteurs gemaak kan word nie. Een van die probleme met die bestudering van dié betrokke netwerk is dat dit kwalik 'n werklike sosiale netwerk verteenwoordig, aangesien die akteurs uiteraard slegs een komponent van die filmbedryf uitmaak. Verder steun alle studies van die internasionale filmnetwerk van akteurs op die Internet Movie Database (<http://www.imdb.com>), wat onvolledig is wanneer films buite Hollywood ter sprake is en natuurlik ook wanneer Afrikaanse films onder die loep kom.

Om die gebreke van vorige studies aan te pak is data vir die huidige studie nie vanaf <http://www.imdb.com> saamgestel nie, maar vanaf die films self, wat beteken dat die datastel beide akkuraat én volledig is. Tweedens is alle rolspelers wat gekrediteer is met 'n bydrae tot 'n film, in ag geneem, nie slegs akteurs nie. Dit beteken dat regisseurs, ekstras, grimeerkunstenaars en assistente almal ook deel uitmaak van die datastel, wat die geleentheid skep om die Afrikaanse filmbedryf as geheel te bestudeer. Die datastel wat hier ontleed word, is dus nie 'n gerieflike, onvolledige en artifiële datastel nie, maar verteenwoordig die filmbedryf in geheel.

Die artikel ondersoek gemeenskapsvorming in die Afrikaanse filmbedryf met behulp van die konsep van modulariteit (Q), soos gevind in die teorie van komplekse netwerke. Modulariteit word bereken vir verskillende weergawes van dié netwerk, en daar word bespreek hoe modulariteit insigte rakende die struktuur van dié netwerk kan help genereer. Kumpula (2008:30) skryf dat sosioloë traag is om die ontwikkeling wat binne die fisika gemaak is, toe te pas, wat dan die hoofdoel van die huidige artikel is: Wat kan geleer word rakende die Afrikaanse filmbedryf met behulp van die konsep van modulariteit wat binne die fisika ontwikkel is?

Modulariteit in komplekse netwerke

Netwerke (ook genoem *grafieke*) bestaan uit nodusse ('vertices' of 'nodes') (n) en hul skakels ('ties' of 'edges') (m). Skakels kan met rigting aangedui word, byvoorbeeld in 'n verwysingsnetwerk binne 'n wetenskaplike veld, of die Wêreldwye Web, waar die rigting van die skakel duidelik is: outeur X verwys na outeur Y, of webblad A het 'n skakel na webblad B. In die geval van die filmbedryf beteken skakels tussen mense hulle 'het saamgewerk met', en gevolglik word rigting nie aangedui nie (Ian Roberts kan nie saam met Ivan Botha werk sonder dat die samewerkingsverhouding ook andersom geld nie). Skakels kan ook gewigte dra om die sterkte van die verhouding tussen twee nodusse aan te dui: in die geval van die filmbedryf word die getal kere wat twee mense saamgewerk het as die gewig van die skakel tussen hulle aangedui.

Affiliasienetwerke soos die maatskappynetwerk van direkteure of filmnetwerke van akteurs word gewoonlik as tweeledige netwerke ('*bipartite networks*') gekonstrueer, waar twee tipes nodusse aangetref word: direkteure en maatskappye, asook akteurs en films. Ten einde die meerderheid strukturele kenmerke van komplekse netwerke te bestudeer, byvoorbeeld gemiddelde pad (L), gemiddelde groepering of oorganklikheid (C), of modulariteit (Q), moet die tweeledige netwerk egter geprojekteer word na 'n enkelledige netwerk met net een soort nodus, soos bespreek in Zhang *et al.* (2006) en Newman (2010:123–127). Gedurende die projeksie word die skakel tussen akteurs en films byvoorbeeld omgeskakel tot direkte skakels tussen akteurs self, wat dan die betekenis van die skakel verander vanaf 'het 'n rol gespeel in' (tweeledige netwerk) na 'het saamgewerk met' (enkelledige netwerk). Die skakels tussen Ivan Botha en *Bakgat* enersyds, en dié tussen Ian Roberts en die betrokke film andersyds, word dan byvoorbeeld omgeskakel na 'n direkte skakel tussen dié twee akteurs. 'n Mens kan die projeksie ook sodanig doen dat slegs films aangedui word, en die skakels tussen films sal dan beteken 'het akteurs gedeel', met ander woorde 'n akteur wat in film A gespeel het, het ook 'n rol in film B vertolk. Daar sal byvoorbeeld 'n skakel wees tussen *Bakgat* en *Hond se dinge* omdat Ivan Botha 'n rol in beide films vertolk het. In die netwerke wat in die huidige artikel bestudeer word, is alle tweeledige netwerke omgeskakel tot enkelledige netwerke, en die projeksie is só gedoen dat die getal kere wat mense saamgewerk het as die

gewig van die skakel toegeken is, net soos die getal persone wat rolle in verskillende films gespeel het, gebruik word om 'n gewig aan die skakels tussen films toe te ken.

Komplekse netwerke besit 'n gemeenskapstruktuur (wat soms *groeperingsvorming* ['*clustering*'] genoem word, maar ek volg Girvan en Newman [2002:7821] en Newman [2010:354] in die gebruik van die term *gemeenskapsvorming* ten einde verwarring met die konsep van groeperingsvorming of oorganklikheid C te verhoed). 'n Gemeenskap is 'n deel van 'n netwerk waar daar meer skakels tussen lede binne die gemeenskap voorkom as tussen lede binne die gemeenskap en dié daarbuite (Caldarelli 2013:35; Estrada 2009:72; Newman 2003:193; Porter, Onnela & Mucha 2009:1083). Die Wêreldwye Web het byvoorbeeld so 'n gemeenskapstruktuur: 'n mens kan verwag dat daar meer skakels tussen webblaaie sal wees wat 'n soortgelyke inhoud het (byvoorbeeld webblaaie wat handel oor die buitelewe) as tussen gemeenskappe (byvoorbeeld webblaaie wat handel oor die buitelewe en webblaaie wat handel oor troues). Op 'n soortgelyke wyse kan 'n mens verwag dat daar meer verwysings sal voorkom tussen vakkundige artikels wat binne dieselfde teoretiese raamwerk gepubliseer is, meer sosiale skakels tussen studente wat vir dieselfde kursus ingeskryf is, en meer mede-outeurskappe tussen navorsers binne dieselfde veld.

Die identifisering van gemeenskappe in netwerke was reeds die onderwerp van 'n groot hoeveelheid navorsing omdat dit betrekking het op sinchronisasie en diffusie in komplekse netwerke, insluitend van inligting en siektes. Tegnieke wat ontwikkel is, sluit in hiërargiese groeperingsvorming ('*cluster analysis*' of '*hierarchical clustering*') (Everitt 1974) en blokmodellering ('*block modelling*') (Breiger, Boorman & Arabie 1975; White, Boorman & Breiger 1976). Ondanks die eenvoudige stelling wat hierbo gemaak is dat 'n gemeenskap voorkom waar daar meer skakels binne die gemeenskap aangetref word as tussen lede binne en buite die gemeenskap, skryf Newman (2006b) dat die probleem heelwat meer gekompliseerd is as die blote telling van skakels tussen lede van 'n gemeenskap:

The problem is that simply counting edges is not a good way to quantify the intuitive concept of community structure. A good division of a network into communities is not merely one in which there are few edges between communities; it is one in which there are fewer than expected edges between communities. If the number of edges between two groups is only what one would expect on the basis of random chance, then few thoughtful observers would claim this constitutes evidence of meaningful community structure. On the other hand, if the number of edges between groups is significantly less than we expect by chance, or equivalent if the number within groups is significantly more, then it is reasonable to conclude that something interesting is going on. (p. 8578)

Newman (2006b:8578) illustreer dat 'n statisties verrassende groepering van skakels gekwantifiseer kan word deur gebruik te maak van die konsep van modulariteit (Q). Modulariteit verwys na die getal skakels wat binne 'n gemeenskap aangetref word, minus die verwagte getal skakels in 'n

ekwivalente netwerk waar skakelvorming lukraak plaasvind (Blondel *et al.* 2008:2; Newman 2006b:8578). Dié definisie kan dus op die volgende wyse gestel word (Lambiotte, Delvenne & Barahona 2009:13): $Q = (\text{fraksie van skakels binne gemeenskappe}) - (\text{verwagte fraksie van skakels})$. Modulariteit word soos in Vergelyking 1 bereken vir netwerke waar die rigting of die gewig van skakels nie aangedui is nie (Meunier *et al.* 2009:3):

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{C \in P} \sum_{i,j \in C} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \quad [\text{Vgl. 1}]$$

waar A die aangrensende matriks van die netwerk is; m die totale getal skakels en $k_i = \sum_j A_{ij}$ die getal skakels is van nodus i . Die indekse i en j strek oor die N -nodes van die grafiek. Die indeks C strek oor die modules van die partisie P .

Die berekening van modulariteit is egter anders wanneer netwerke bestudeer word waar die rigting of die gewig van skakels aangedui is. Girvan en Newman (2002) se algoritme is nie ontwerp vir netwerke waar daar 'n gewig aan skakels toegeken is nie, en in so 'n geval word modulariteit (Q) soos in Vergelyking 2 bereken (Blondel *et al.* 2008:2–3):

$$Q = \frac{1}{2m} \sum \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad [\text{Vgl. 2}]$$

waar A_{ij} die gewig van die skakel tussen i en j voorstel; $k_i = \sum_j A_{ij}$ die som van die gewigte is van die skakels van nodus i ; c_i die gemeenskap is wat toegeken is aan nodus i ; en die δ funksie $\delta(u,v)$ 1 is indien $u = v$ en andersins 0 en $m = \sum_{ij} A_{ij}$.

Modulariteit is een van die aspekte van komplekse netwerke waar die grootte van die netwerk 'n berekeningsprobleem word, aangesien dit 'n berekeningsintensiewe proses is (Boccaletti *et al.* 2006:283; Piccardi, Calatroni & Bertoni 2010:5247). Blondel *et al.* (2008) skryf:

The typical size of large networks such as social network services, mobile phone networks or the web is now counted in millions, if not billions, of nodes and these scales demand new methods to retrieve comprehensive information from their structure. (p. 2)

Die algoritme wat byvoorbeeld deur Girvan en Newman (2002) voorgestel is, is 'onprakties' (Girvan & Newman 2002:7826) vir groot grafieke, en daarom het Blondel *et al.*

(2008) 'n vinniger algoritme voorgestel wat Q vir groot netwerke kan bereken met $m > 1\,000\,000$.

Q -waardes nader aan 1 dui op 'n sterk gemeenskapstruktuur, terwyl 'n lukrake netwerk met geen gemeenskapstruktuur 'n Q -waarde van 0 sal oplewer, alhoewel Caldarelli (2013:42) aandui dat sommige lukrake netwerke wel nie-zero Q -waardes het. In Figuur 1 hieronder kan gesien word dat lukrake netwerke van die Erdős-Rényi-tipe (1960) nie Q -waardes van 0 oplewer nie, maar wel Q -waardes wat beduidend kleiner is as vir die netwerke wat hier bestudeer word. Die algemene gebruik is om Q -waardes ter wille van vergelyking ook te bereken vir lukrake netwerke van dieselfde grootte (beide ten opsigte van n as m) (Elouaer-Mrizak & Chastand 2013:89; Meunier *et al.* 2009:8; Piccardi *et al.* 2010:5248–5249), en in Figuur 1 hieronder word Q -waardes van netwerke binne die Afrikaanse filmbedryf vergelyk met Q -waardes van lukrake netwerke van dieselfde grootte, soos saamgestel met behulp van die Erdős-Rényi- netwerkmodel (1960).

Anders as ander topologiese eienskappe van komplekse netwerke soos groeperingsvorming of oorganklikheid (C), is modulariteit nog nie geformaliseer nie, en verskeie algoritmes word aangewend om modulariteit te bereken. Die resultate is egter baie soortgelyk, en in Tabel 1 verskaf ek 'n getal modulariteitskoëffisiënte (saamgestel vanuit Newman 2006b en Blondel *et al.* 2008), tesame met watter algoritme gebruik is. N verwys na die algoritme wat ontwikkel is deur Newman (2006b), GN na Girvan en Newman (2002), CNM na Clauset, Newman en Moore (2004), PL na Pons en Latapy (2006), WT na Wakita en Tsurumi (2007), BGLL na Blondel *et al.* (2008), en DA na Duch en Arenas (2005). (Leë selle dui op ontbrekende data.)

Soos in Tabel 1 gesien kan word, is Q -waardes altyd tussen 0 en 1, en alhoewel die verskillende algoritmes verskillende resultate oplewer, is die resultate baie soortgelyk. Stevens *et al.* (2012:e30468) het inderdaad 'n korrelasie van $r = 0.98$ ($p < 0.001$) bereken tussen Q -waardes, soos met behulp van Newman (2006b) bereken, en dié wat met behulp van Blondel *et al.* (2008) bereken is. Nietemin noop die verskille tussen Q -waardes, soos met verskillende algoritmes bereken is, 'n mens om dieselfde algoritme aan te wend in die berekening van Q -waardes vir verskillende netwerke. Die algoritme wat

TABEL 1: 'n Vergelyking van modulariteitsalgoritmes.

Netwerk	Karateklublede	Verwysingsnetwerk	Internet	Wêreldwye Web	Mede-outeurskap	Metaboliese netwerk	E-pos	Jazz- musikante
n	37	9000	70 000	325 000	27 519	453	1133	198
m	77	24 000	351 000	1 000 000	-	-	-	-
N	0.419	-	-	-	0.723	0.435	0.572	0.442
GN	0.401	-	-	-	-	0.403	0.532	0.401
CN	0.381	0.772	0.692	0.927	0.668	0.402	0.494	0.439
PL	0.42	0.757	0.729	0.895	-	-	-	-
WT	0.42	0.761	0.667	0.898	-	-	-	-
BGLL	0.42	0.813	0.781	0.935	-	-	-	-
DA	0.419	-	-	-	0.679	0.434	0.574	0.445

Leë selle dui op ontbrekende data.

N, algoritme wat ontwikkel is deur Newman (2006b); GN, Girvan en Newman (2002); CNM, Clauset, Newman en Moore (2004); PL, Pons en Latapy (2006); WT, Wakita en Tsurumi (2007); BGLL, Blondel *et al.* (2008); DA, Duch en Arenas (2005).

TABEL 2: Modulariteit in 'n verskeidenheid netwerke.

Netwerk	Tipe	Bron	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>Q</i>
Karateklublede	Sosiaal	Blondel <i>et al.</i> (2008)	37	77	0.420
Aandeelhoudersnetwerk	Sosiaal	Piccardi <i>et al.</i> (2010)	108	324	0.820
Metaboliese netwerk	Biologies	Ding (2012)	250	560	0.792
Maatskappynetwerk van direkteure	Sosiaal	Piccardi <i>et al.</i> (2010)	217	1115	0.660
Verwysingsnetwerk	Inligting	Blondel <i>et al.</i> (2008)	9000	24 000	0.813
Internet	Tegnologies	Blondel <i>et al.</i> (2008)	70 000	351 000	0.781
nd.edu domein van die WWW	Inligting	Blondel <i>et al.</i> (2008)	325 000	1 000 000	0.935
Belgiese telefoonnetwerk	Sosiaal	Blondel <i>et al.</i> (2008)	2 040 000	5 400 000	0.760
Monster van die .uk-domein van die WWW	Inligting	Blondel <i>et al.</i> (2008)	39 000 000	783 000 000	0.979
WWW met Stanford WebBase crawler	Inligting	Blondel <i>et al.</i> (2008)	118 000 000	1 000 000 000	0.984
Afrikaanse filmbedryf 1994–2014 (mense)	Sosiaal	Huidige	6274	805 103	0.659
Afrikaanse filmakteurs 1994–2014 (mense)	Sosiaal	Huidige	1866	88 023	0.662
Afrikaanse filmbedryf 1994–2014 sonder akteurs (mense)	Sosiaal	Huidige	4719	535 017	0.673
Afrikaanse filmakteurs 1994–2014 (films)	Sosiaal	Huidige	55	612	0.222
Afrikaanse filmbedryf 1994–2014 (films)	Sosiaal	Huidige	56	1013	0.228
Afrikaanse filmbedryf 1994–2014 sonder akteurs (films)	Sosiaal	Huidige	56	720	0.252

deur Blondel *et al.* (2008) ontwikkel is, is in 'n verskeidenheid studies getoets en bruikbaar gevind (Ding 2012; Glattfelder 2010, 2013; Meunier *et al.* 2009; Onoda & Yamaguchi 2013; Piccardi *et al.* 2010). Carchiolo *et al.* (2011:188) beskryf dié algoritme as een van die vinnigste en akkuraatste modulariteitsalgoritmes, en in Piccardi *et al.* (2010:5249) het die algoritme van Blondel *et al.* (2008) beter gevaar as beide dié van Newman (2006a, 2006b) of Duch en Arenas (2005). In die berekening van *Q*-waardes vir die netwerke wat in die huidige studie ondersoek word, word daar dus voorkeur gegee aan die algoritme van Blondel *et al.* (2008).

Resultate

'n Verskeidenheid netwerke kan gekonstrueer word met behulp van die data, soos saamgestel vanaf die krediete van Afrikaanse films: (1) die bedryf as geheel, met inagneming van alle rolspelers wat op die kredietlys gemeld word, (2) die akteurnetwerk wat slegs akteurs in berekening bring, (3) die bedryf sonder die akteurs (waarna hier verwys word as die produksienetwerk). Dié drie netwerke kan op só 'n wyse geprojekteer word vanaf hul tweeledige weergawes na enkelledige weergawes dat slegs mense of slegs films aangedui word, wat beteken dat ses verskillende netwerke hier gekonstrueer kan word. Tabel 2 verskaf die getal nodusse (*n*), getal skakels (*m*), en modulariteit (*Q*) vir die netwerke, insluitend dié van die huidige studie, en vir elke netwerk is *Q* bereken met behulp van die algoritme van Blondel *et al.* (2008).

Die *Q*-waardes soos hier bereken vir die Afrikaanse filmbedryf wat slegs mense in ag neem, is dus baie soortgelyk ($Q \approx 0.66$) aan ander sosiale netwerke, veral die maatskappynetwerk van direkteure wat deur Piccardi *et al.* (2010) bestudeer is. Modulariteit is egter heelwat laer ($Q \approx 0.23$) vir die weergawes van die netwerke waar slegs films in ag geneem is. Figuur 1 vergelyk verder die *Q*-waardes van hierdie netwerke met *Q*-waardes (Q_{rand}) van Erdős-Rényi-weergawes van hierdie netwerke, met ander woorde netwerke van dieselfde grootte (beide ten opsigte van *n* en *m*) soos saamgestel met behulp van die netwerkmodel van Erdős-Rényi.

Dit is duidelik in hierdie grafiek dat $Q \gg Q_{\text{rand}}$ vir al die netwerke wat hier bestudeer word, alhoewel die verskil beduidend groter is (tussen 636% en 1124% groter) vir filmnetwerke wat slegs mense in berekening bring. Die basiese gevolgtrekking wat op grond van die bostaande gemaak kan word, is dat daar beduidende gemeenskapsvorming binne die Afrikaanse filmbedryf bestaan; gemeenskapsvorming is beduidend hoër as wat verwag kan word indien skakelvorming in dié bedryf lukraak plaasgevind het. Dit kan verwag word in komplekse netwerke, maar bostaande verteenwoordig die eerste kwantifisering van modulariteit met betrekking tot die Afrikaanse filmbedryf.

Met die gemeenskapstruktuur in die Afrikaanse filmbedryf geïdentifiseer, is die vraag hoe dit ons begrip van die funksionering van hierdie bedryf kan help inlig, wat die onderwerp van die volgende onderafdeling is.

Bespreking en toepassing

Die gemeenskappe wat met behulp van die Blondel *et al.* -algoritme (2008) geïdentifiseer is, kan dan vir die filmnetwerk van akteurs en die produksienetwerk (dus sonder die akteurs) vergelyk word. In Figuur 2 verwys die kolom na die gemeenskappe waartoe films behoort, met behulp van die akteurnetwerk, terwyl die rye verwys na die gemeenskappe waartoe films behoort, soos uitgewerk met behulp van die produksienetwerk. Regisseurs wat meer as een film geregisseer het, is met kleure aangedui.

Hierdie tabel dui 'n paar interessante fasette aan rakende hoe regisseurs mense aanwend om by te dra tot hul films. Let daarop dat die films geregisseer deur Bromley Cawood (*Egoli: Afrikaners is plesierig* en *Susanna van Biljon*); Diony Kempen (*100m Leeuloop* en *'n Saak van geloof*); asook Willie Esterhuizen (*Lipstiek Dipstiek*, *Molly & Wors*, *Poena is koning*, *Stoute boudjies* en *Vaatjie sien sy gat*) almal in dieselfde sel geplaas word, wat beteken dat al drie dié regisseurs gebruik gemaak het van beide 'n produksie- en 'n akteurspan wat tot dieselfde groep behoort. Darell Roodt, Koos Roets en Katinka Heyns, daarenteen, het gebruik gemaak van produksiespanne wat

FIGUUR 1: Q en Qrand vir Afrikaanse filmnetwerke.

tot dieselfde gemeenskap behoort, maar dit geld nie altyd vir akteurs nie: *Jakhalsdans* val in akteurgroep A, terwyl die res van Roodt se films (*Alles wat mal is*, *Die ballade van Robbie de Wee* en *Stille*) in dieselfde sel gegroepeer word (akteurgroep D). Stefan Nieuwoudt het akteurs gebruik wat tot dieselfde groep behoort (groep C), maar die produksienetwerk kom uit twee verskillende gemeenskappe uit, terwyl die teenoorgestelde waar is van Regardt van der Bergh, wat 'n produksiespan gebruik het wat tot dieselfde groep behoort (groep E) vir *Die ongelooflike avonture van Hanna Hoekom* en *Klein Karoo*, maar nie akteurs wat tot dieselfde groep behoort nie. Paul Eilers het akteurs gebruik wat tot dieselfde akteurgroep behoort (groep C), sowel as ander rolspelers wat tot dieselfde produksiegroep behoort (groep A) vir *Verraaiers* en *Stuur groete aan Mannetjies Roux*, maar *Roepman* val in 'n ander produksiegroep (E). Let ook daarop dat *Bakgat 1 & 2* in 'n ander sel geplaas is as *Bakgat 3* vanweë die gebruik van 'n produksiespan wat tot 'n ander gemeenskap behoort, maar al drie films behoort tot dieselfde akteurgroep. Dié verandering van produksiegroep I na J hou duidelik verband

met die verandering van regisseur van Henk Pretorius na Stefan Nieuwoudt. Let ook op die posisie van *Spoofie*: dié film is in sy eie groep met gebruik van beide die akteur- as produksienetwerke. As 'n Afrikaanse 'spoofie', op 'n John Wayne-film (*McClintock* 1963), het dié film nóg akteurs nóg 'n produksiespan wat inskakel by die res van die Afrikaanse filmbedryf, en die Blondel *et al.*-algoritme lig dus dié film se uniekheid uit deur hom alleen binne sy eie gemeenskappe te plaas.

Verder word sommige films in dieselfde sel geplaas ondanks die feit dat verskillende regisseurs daarby betrokke was, byvoorbeeld die films in akteurgroep A of D en produksiegroep B. Dié films het niks gemeen ten opsigte van genre of tema nie, en strek oor die spektrum van drama, komedie en musiekblyspel. Wat hulle wel gemeen het, is die mense wat 'n bydrae daartoe gelewer het.

Die bespreking hierbo rondom Figuur 2 handel oor films wat saam gegroepeer word op grond van die mense wat

Filmgroep	A	B	C	Akteurgroep	D	E	Regisseur
A	<i>Jakhalsdans 100m</i> <i>Leeuloop n Saak van geloof</i>		<i>Die pad na jou hart</i> <i>Stuur groete aan</i> <i>Mannetjies Roux</i> <i>Verraaiers</i> <i>Musiek vir die agtergrond</i> <i>Bakgat 3 Ek joke net 2</i> <i>Karate Kallie</i>		<i>Ek lief jou Alles wat mal is</i> <i>Die Ballade van Robbie de Wee Stille Die laaste tango</i>		<ul style="list-style-type: none"> André Odendaal André Velts Ate de Jong Bromley Cawood Cobus Rossouw Darrell Roodt Deon Meyer Diony Kempen Dirk de Villiers Etienne Fourie F.C. Hamman Hanneke Schutte Henk Pretorius Jaco Smit Johan Heyns Joshua Rous Jozua Malherbe Katinka Heyns Koos Roets Linda Korsten Melanie Bruggemans Morné du Toit Mynard Kraak Oliver Hermanus Paul Eilers Pierre Smith Regardt van den Bergh Remano de Beer Rene van Rooyen Sallas de Jager Sean Else Stefan Nieuwoudt Vickus Strydom Willie Esterhuizen Wimpie van der Merwe Zaheer Goodman-Bhyat
B	<i>As jy sing</i> Knysna <i>Egoli: Afrikaners is plesierig</i> <i>Susanna van Biljon</i> <i>Semi-soet Pretville</i> <i>Hartsbegeertes</i> <i>Vrou soek boer</i> <i>Die spook van Uniondale</i> <i>Mooirivier</i> <i>Platteland</i> <i>Konfetti</i>	<i>Leading Lady</i> <i>Kaalgat tussen die daisies</i>	<i>Arende Die Windpomp</i> <i>Babbelas Hond se dinges</i> <i>Paljas Skoonheid</i> <i>Suurlemoen</i>		<i>Jimmy in Pienk</i> <i>Die Wonderwerker</i> <i>Faan se trein</i>		
C		<i>Lipstiek Dipstiek</i> <i>Molly & Wors Poena is Koning</i> <i>Stoute boundjies</i> <i>Vaatjie sien sy gat</i>					
D						<i>Spoofie</i>	
E	<i>Lien se lankstaanskoene</i> <i>Getroude met rugby</i> <i>Klein Karoo</i>		<i>Bakgat 1 Bakgat 2</i> <i>Wolwedans in die skemer</i> <i>Hoofmeisie Roepman</i> <i>Ek joke net 1 Superhelde</i>		<i>Die ongelooflike avonture van Hanna Hoekom</i>		

FIGUUR 2: Akteur- en produksiegroepe volgens regisseur.

daaraan gewerk het, terwyl die netwerk hieronder in Figuur 3 dui op die mense self wat saamgewerk het. Figuur 3 stel die hele Afrikaanse filmbedryf voor (akteurs en ander rolspelers in die enkelledige weergawe van die netwerk), met die mense in seegroen gekleur wat 'n bydrae gelewer het tot die films in akteurgroep C en produksiegroep B, met ander woorde mense wat saam gewerk het aan *Arende*, *Die windpomp*, *Babbelas*, *Hond se dinges*, *Paljas*, *Skoonheid* en *Suurlemoen*. Dié netwerk bestaan uit 6274 mense en hul 805 103 samewerkingsverhoudinge, en word hier gevisualiseer met behulp van die kraggebaseerde OpenOrd-uitleg-algoritme wat vir groot grafieke ontwikkel is deur Martin *et al.* (2011).

Let daarop dat die mense wat saamgewerk het aan dié films meesal saam gegroepeer word,¹ alhoewel die mense wat saamgewerk het aan hierdie films natuurlik nie noodwendig tot dieselfde groep behoort nie (onthou dat die groeperings van Figuur 2 gebaseer is op die groeperings van films, terwyl Figuur 3 groeperings van mense uitlig). Dié visuele uitbeelding wys egter dat die oorvleueling van gemeenskappe, soos geïdentifiseer deur Blondel *et al.* se algoritme ondersteun kan word deur Martin *et al.* se

1. Die klein nodus regs stel Remano de Beer voor, wat *Spoofie* gemaak het en nie andersins 'n bydrae tot die Afrikaanse filmbedryf gelewer het nie.

FIGUUR 3: Die Afrikaanse filmbedryf (mense).

uitlegalgoritme, wat ook groeperings uitlig op grond van die ooreenstemming van hul skakels. Figure 2 en 3 dui dan aan waar gemeenskappe vorm in die Afrikaanse filmbedryf, hetsy vanweë die keuses wat 'n regisseur maak

of vanweë ander faktore, en *hoekom* hierdie gemeenskappe gevorm word, kan die onderwerp van toekomstige, meer gedetailleerde studies wees.

Natuurlik is daar steeds 'n groot mate van oorvleueling tussen gemeenskappe: daar is byvoorbeeld 'n groot hoeveelheid skakels tussen Willie Esterhuizen se films en die res van die bedryf. Andrew Thompson is nie in dieselfde akteurgroep as Ivan Botha en Altus Theart nie, alhoewel al drie rolle vertolk het in *Bakgat*, *Roepman*, *Verraaiers* en *Superhelde*, terwyl Thompson ook gespeel het in *Vaatjie sien sy gat* en *Molly & Wors* van die Esterhuizen-groep. Om die oorvleueling te bestudeer tussen mense wat deur regisseurs gebruik word, sal 'n meer gedetailleerde ontleding verg, aangesien daar gereeld honderde mense in 'n gemeenskap voorkom.

Gevolgtrekking

Met soveel ontdekkings wat binne die teorie van komplekse netwerke die afgelope twee dekades gemaak is, is dit hoog tyd dat die teoretiese en algoritmiese ontwikkelinge wat binne die fisika ontstaan het, toegepas word om tot 'n beter begrip van die menslike omgewing te kom. Hierdie artikel het een so 'n ontwikkeling toegepas: die konsep van modulariteit en die daarmee gepaardgaande algoritme van Blondel *et al.* Daar is aangetoon hoe Blondel *et al.* uitlig hoe verskillende regisseurs mense in hul films gebruik: daar is sommige – soos Bromley Cawood, Diony Kempen en Willie Esterhuizen – wat soortgelyke gemeenskappe akteurs en produksiespanne gebruik, terwyl ander – soos Darell Roodt, Stefan Nieuwoudt en André Odendaal – van 'n groter verskeidenheid mense gebruik maak. Die waarde van dié bevinding lê nie in die identifisering van dié tendens op sigself nie: verdere, meer gedetailleerde studie sal nodig wees om na te speur tot watter mate dit gebeur, en kwalitatiewe studies sal ook nodig wees om te bepaal waarom sommige regisseurs gereeld van dieselfde mense gebruik maak en ander nie. In hierdie opsig kan die teorie van komplekse netwerke aangewend word om verdere navorsing te rig deur patrone op 'n makrovlak te identifiseer wat dan verder ondersoek kan word; dit kan help om navorsingsvrae te formuleer.

'n Interessante verdere vraag is of modulariteit tot insigte rakende die Afrikaanse literêre sisteem en ander Afrikaanse kulturele netwerke soos die musiek- en die toneelwêreld kan lei. Daar is dus vele onderwerpe wat met behulp van modulariteit ondersoek kan word.

Erkenning

Mededingende belange

Die outeur verklaar dat hy geen finansiële of persoonlike verhouding(s) het wat hom op 'n voordelige of nadelige wyse in die skryf van die artikel beïnvloed het nie.

Literatuurverwysings

Adamic, L.A. & Huberman, B.A., 2000, 'Power-law distribution of the world wide web', *Science* 287, 2115. <http://dx.doi.org/10.1126/science.287.5461.2115a>

- Amaral, L.A.N., Scala, A., Barthélemy, M. & Stanley, H.E., 2000, 'Classes of small world networks', *Proceedings National Academy of Sciences* 97, 11149–11152. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.200327197>
- Barabási, A.-L. & Albert, R., 1999, 'Emergence of scaling in random networks', *Science* 286, 509–511. <http://dx.doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- Blondel, V.D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R. & Lefebvre, E., 2008, 'Fast unfolding of communities in large networks', *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 10, P1000. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M. & Hwang, D.-U., 2006, 'Complex networks: Structure and dynamics', *Physics Reports* 424, 175–308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physrep.2005.10.009>
- Breiger, L., Boorman, S.A. & Arabie, P., 1975, 'An algorithm for clustering relations data with applications to social network analysis and comparison with multidimensional scaling', *Journal of Mathematical Psychology* 12(3), 328–383. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496\(75\)90028-0](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2496(75)90028-0)
- Caldarelli, G., 2013, *Scale free networks. Complex webs in nature and technology*, Oxford University Press, Oxford.
- Carchiolo, V., Longheu, A., Malgeri, M. & Mangioni, G., 2011, 'Communities unfolding in multislice networks', in Luciano da F. Costa, Alexandre Evuskoff, Giuseppe Mangioni & Ronaldo Menezes (eds.), *Complex networks: Second international workshop, compleNet, 2010, Rio de Janeiro, Brazil, October 13–15, 2010, Revised Selected Papers*, pp. 187–195, Springer, Heidelberg.
- Centola, D., Eguíluz, V.M. & Macy, M.W., 2007, 'Cascade dynamics of complex propagation', *Physica A* 374, 449–456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2006.06.018>
- Chang, H., Su, B.-B., Zhou, Y.-P. & He, D.-R., 2007, 'Assortativity and act degree distribution of some collaboration networks', *Physica A* 383, 687–702. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2007.04.045>
- Clauset, A., Newman, M.E.J. & Moore, C., 2004, 'Finding community structure in very large networks', *Physical Review E* 70(6), 066111. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.70.066111>
- Ding, D., 2012, 'Application of hierarchical local modularity maximum method to biological networks', *Network Biology* 2(4), 148–150.
- Duch, J. & Arenas, A., 2005, 'Community detection in complex networks using extremal optimization', *Physical Review E* 72(2), 027104. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.72.027104>
- Elouaer-Mrizak, S. & Chastand, M., 2013, 'Detecting communities within French intercorporate network', *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 79, 82–100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.05.058>
- Erdős, P. & Rényi, A., 1960, 'On the evolution of random graphs', *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* 5, 17–61.
- Estrada, E., 2009, 'Spectral theory of networks: From biomolecular to ecological systems', in Matthias Dehmer & Frank Emmert-Streib (eds.), *Analysis of complex networks: from biology to linguistics*, pp. 55–84, Wiley-VCH, Weinheim.
- Everitt, B.S., 1974, *Cluster analysis*, John Wiley, New York.
- Girvan, M. & Newman, M.E.J., 2002, 'Community structure in social and biological networks', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(12), 7821–7826. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.122653799>
- Glattfelder, J.B., 2010, *Ownership networks and corporate control: Mapping economic power in a globalized world*, unpublished Ph.D. thesis, ETH, Zürich.
- Glattfelder, J.B., 2013, *Decoding complexity: Uncovering patterns in economic networks*, Springer, Heidelberg.
- Guillaume, J.-L. & Latapy, M., 2006, 'Bipartite graphs as models of complex networks', *Physica A* 371, 795–813. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2006.04.047>
- Jeong, H., 2003, 'Complex scale-free networks', *Physica A* 321, 226–237. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)01774-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01774-0)
- Kumpula, J., 2008, *Community structures in complex networks: Detection and modeling*, unpublished Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology.
- Lambiotte, R., Delvenne, J.-C. & Barahona, M., 2009, 'Laplacian dynamics and multiscale modular structure in networks', *arXiv* (preprint).
- Latapy, M., Magnien, C. & Del Vecchio, N., 2008, 'Basic notions for the analysis of large two-mode networks', *Social Networks* 30, 31–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2007.04.006>
- Martin, S., Brown, W.M., Klavans, R. & Boyack, K.W., 2011, 'OpenOrd: An open-source toolbox for large graph layout', *SPIE Proceedings Volume 7868 Visualization and Data Analysis* 1–11.
- Meunier, D., Lambiotte, R., Fornito, A., Ersche, K.D. & Bullmore, E.T., 2009, 'Hierarchical modularity in human brain functional networks', *Frontiers in Neuroinformatics* 3, 1–12. PMID: 19949480, <http://dx.doi.org/10.3389/neuro.11.037.2009>
- Nacher, J.C. & Akutsu, T., 2011, 'On the degree distribution of projected networks mapped from bipartite networks', *Physica A* 390, 4636–4651. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2011.06.073>
- Newman, M.E.J., 2003, 'The structure and function of complex networks', *SIAM Review* 45(2), 167–256. <http://dx.doi.org/10.1137/S003614450342480>
- Newman, M.E.J., 2006a, 'Finding community structure in networks using the eigenvectors of matrices', *Physical Review E* 74, 036104. PMID: 17025705.
- Newman, M.E.J., 2006b, 'Modularity and community structure in networks', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(23), 8577–8582. PMID: 16723398, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0601602103>
- Newman, M.E.J., 2010, *Networks*, Oxford University Press, Oxford.
- Newman, M.E.J., Strogatz, S.H. & Watts, D.J., 2001, 'Random graphs with arbitrary degree distributions and their applications', *Physical Review E* 64, 026118. PMID: 11497662, <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevE.64.026118>

- Onoda, K. & Yamaguchi, S., 2013, 'Small-worldness and modularity of the resting-state functional brain network decrease with aging', *Neuroscience letters* 556, 104108. PMID: 24157850, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2013.10.023>
- Piccardi, C., Calatroni, L. & Bertoni, F., 2010, 'Communities in Italian corporate networks', *Physica A* 389, 5247–5258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2010.06.038>
- Pons, P. & Latapy, M., 2006, 'Computing communities in large networks using random walks', *Journal of Graph Algorithms and Applications* 10, 191–218.
- Porter, M.A., Onnela, J.-P. & Mucha, P.J., 2009, 'Communities in networks', *Notices of the AMS* 56(9), 1082–1097.
- Stevens, A.A., Tappon, S.C., Garg, A. & Fair, D.A., 2012, 'Functional brain network modularity captures inter- and intra-individual variation in working memory capacity', *PLoS ONE* 7(1), e30468. PMID: 22276205, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0030468>
- Wakita, K. & Tsurumi, T., 2007, 'Finding community structure in mega-scale social networks', *Proceedings of the 16th International Conference on the World Wide Web*, pp. 1275–1276.
- Watts, D.J., 2004, *Six degrees. The science of a connected age*, Vintage, London.
- Watts, D.J., 2011, *Everything is obvious. Once you know the answer*, Atlantic, London.
- Watts, D.J. & Strogatz, S.H., 1998, 'Collective dynamics of "small-world" networks', *Nature* 393(6684), 409–410. <http://dx.doi.org/10.1038/30918>
- White, H.C., Boorman, S.A. & Breiger, R.L., 1976, 'Social structure from multiple networks. I. blockmodels of roles and positions', *American Journal of Sociology* 81(4), 730–780, <http://dx.doi.org/10.1086/226141>
- Zhang, P.-P., Chen, K., He, Y., Zhou, T., Su, B.-B., Jin, Y. *et al.*, 2006, 'Model and empirical study on some collaboration networks', *Physica A* 360, 599–616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2005.05.044>