

V.V.O.

consulenten: Frieda Buyse
Roger De Cadt
Marc Magerman
Luc Raskin
Walter Resselser
Etienne Van Aelst
Frans Van Hoeck

psychologe: Helena Crockaert

ANTWERPEN-AARTSELAAR
Tel. (03)870 46 07 • Fax (03)887 10 16

ZAVENTEM
Tel. (02)757 90 24 • Fax (02)757 90 61

LUIK
Tel. (041)67 83 91 • Fax (041)67 83 00

Ekeningree Y6.00.007 en Y6.00.008



Begeleiden
naar
nieuwe opportuniteiten

Wie in schoonheid wil eindigen, neemt ook bij gedwongen vertrek zijn of haar verantwoordelijkheid. Ongeacht de omstandigheden. Soms hoeft het zelfs niet eens tot een breuk te komen. VVO adviseert zowel bij **outplacement, loopbaanplanning als bij career counselling.** VVO engageert zich verregaand, biedt aantrekkelijke garanties en werkt met een specifieke en gepersonaliseerde aanpak. Contacteer ons tijdig en geheel vrijblijvend.



Office Coffee Service,
een dienstverlening waar wij thuis in zijn!
Meer dan 9.000 klanten zijn daar
het bewijs van!

Onze succesformule:
Dit toestel volledig kosteloos bij U,
inclusief alle nazicht en onderhoud.
U betaalt **enkel** de koffie en de
bijproducten!
Wenst U meer inlichtingen of
een apparaat op proef, aarzel dan niet
ons **vrijblijvend** te contacteren:



M.C.S. N.V. Haachtsesteenweg 101
B-1820 Melsbroek

Tel. (02) 751.81.54
Fax (02) 751.79.43

Koenraad Debackere *
Bart Clarysse *
Roland Van Dierdonck *

Determinanten van de contributietijd van onderzoeksorganisaties tijdens de ontwikkeling van ontluikende technologieën

Dit artikel biedt een alternatieve en complementaire kijk op het R&D-proces. Centraal hierbij is het uitgangspunt dat onderzoeksorganisaties, willen ze een actieve bijdrage leveren tot de creatie van nieuwe technologische kennis, een zekere mate van continuïteit in hun onderzoeksagenda's aan de dag moeten leggen. Deze continuïteit wordt hierna geoperationaliseerd als de contributietijd van een onderzoeksorganisatie. De contributietijd wordt gedefinieerd als de tijdspanne gedurende welke een organisatie actief en zichtbaar kennis creëert in een bepaald wetenschappelijk/technologisch domein. In het besproken onderzoek wordt de contributietijd geoperationaliseerd als de tijd gedurende welke een organisatie via publikaties of patenten zichtbaar in een onderzoeksgemeenschap aanwezig is. Op basis van empirisch-statistisch onderzoek voor een groep van 1.358 onderzoeksorganisaties (actief op het vlak van transgene planten en hepatitis C-onderzoek) wordt vervolgens nagegaan wat de determinanten van deze contributietijd zijn. Daarbij staat het fenomeen netwerkvoorming centraal. Meer bepaald wordt aangetoond hoe netwerkvoorming contributietijden positief beïnvloedt, doch eveneens, en dit fenomeen verdient de nodige aandacht, leidt tot niet-verwaarloosbare "lock-in"-fenomenen.

* De Vlerick School voor Management (Universiteit Gent). Dit onderzoek kwam tot stand met de steun van het IWT (Vlaams Actieprogramma Biotechnologie) en het NFWO, Brussel, dankzij een mandaat als postdoctoraal onderzoeker van Koenraad Debackere. We wensen twee anonieme referees te danken voor hun verhelderend commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

Introductie

Onderzoek naar het R&D-proces heeft typisch veel aandacht besteed aan cruciale succesfactoren bij de uitvoering van R&D-activiteiten. Daarbij worden zowel het strategische en het tactische als het operationele niveau belicht. Voor overzichten dienaangaande verwijzen we o.a. naar auteurs als Allen (1977), Brockhoff (1994), Goodman en Lawless (1994), Roberts (1987), Utterback (1994), von Hippel (1988), of nog, Weelwright en Clark (1992). De groei van technologische kennis wordt daarbij vaak gezien als het resultaat van een cumulatief proces waarbij nieuwe ideeën en technieken ontwikkeld worden (Allen, 1966; Constant, 1980; Laudan, 1984; Nelson en Winter, 1982; Sahal, 1981).

Daar discontinuïteiten in dit proces vrij zeldzaam zijn (Dosi, 1982; Tushman en Anderson, 1986), houdt dit cumulatieve karakter in dat het belangrijk is een beter inzicht te verwerven in de determinanten van de contributietijd van onderzoeksorganisaties in een technologisch domein. Deze contributietijd wordt in dit artikel verder geoperationaliseerd als de tijdsperiode gedurende welke een onderzoeksorganisatie actief bijdraagt tot het cumulatieve proces van kenniscreatie. "Actieve" bijdrage wordt, zoals we verder verduidelijken, gemeten via de tijd gedurende welke onderzoeksorganisaties actief blijven publiceren in een bepaald vakdomein. Het operationaliseren van "contributietijd" langs deze weg houdt uiteraard een aantal veronderstellingen in. De belangrijkste daarvan is dat een organisatie, wanneer ze actief wil meespelen in de wedstrijd van kenniscreatie, duidelijk identificeerbare kennisbijdragen tot het domein in kwestie moet leveren. Von Hippel (1988) bestempelde dit fenomeen als "know-how trading". De contributietijd doet dan ook dienst als een unieke indicator van de mate waarin een onderzoeksorganisatie actief en zichtbaar bijdraagt tot de ontwikkeling van een technologisch domein.

Een andere veronderstelling is, uiteraard, dat onderzoeksorganisaties hun kennisbijdragen "zichtbaar" en "kenbaar" maken via publicaties en/of patenten. Terwijl die veronderstelling in academische kringen zelden of nooit ter discussie wordt gesteld (althoewel er ook daar meer en meer aandacht uitgaat naar het "beschermen" van kennis vooraleer ze publiek kenbaar en toegankelijk wordt gemaakt), is dat allerminst het geval voor industrieel onderzoek en ontwikkeling. Immers, is het niet zo dat ondernemingen hun technologische inspanningen om strategische redenen liefst voor zich houden? Of zoals Allen in 1977 stelde:

"Technology is local". Met andere woorden, technologieontwikkeling vindt plaats tussen de muren van de onderneming, goed afgeschermd voor de concurrenten in de buitenwereld.

De logica is duidelijk. Maar de vraag die we ons daarbij terecht kunnen stellen (en die enkel door empirisch onderzoek kan worden beantwoord) is of industriële onderzoeksorganisaties tijdens de ontluikende fasen van een nieuwe technologie wel zo "lokaal" denken. Indien immers technologieontwikkeling een cumulatief én collectief (zie verder) gebeuren is, dan is er maar weinig plaats voor wat netwerktheoretici "social isolates" noemen: organisaties die zich compleet afschermen van de rest van hun omgeving. In elk geval toont ons databankonderzoek aan dat publiceren voor nogal wat industriële onderzoekscentra een bijna dagdagelijkse bezigheid is (Rappa en Debackere, 1992a). De contributietijd blijft dan ook een zinnige operationalisatie van de betrokkenheid van onderzoekscentra bij een technologische wedstrijd. Bovendien wijzen we erop dat, naast publicaties, ook patenten opgenomen kunnen worden in onze benadering.

Het is duidelijk dat bij het modelleren van een technologische wedstrijd andere operationalisaties denkbaar zijn. We verwijzen o.a. naar Capron (1992), Dasgupta (1988), Dasgupta en David (1994) of nog Lorenzi en Bourlès (1995). Uit het vervolg van dit artikel zal echter blijken dat het concept van de contributietijd een unieke invalshoek biedt, zowel om theoretische als om methodologische redenen. Uit theoretisch oogpunt maakt het een complementaire kijk op het R&D-proces mogelijk. Uit methodologisch oogpunt ontstaat de mogelijkheid van een grootschalige en longitudinale studie van het ontwikkelingsproces van nieuwe technologieën. Dit in tegenstelling tot bijv. R&D-uitgaven, die niet steeds op representatieve wijze toegankelijk zijn in de vorm van betrouwbare statistieken, of, indien ze wel beschikbaar zijn, meestal in een zodanige vorm van aggregatie verzameld werden dat ze moeilijk of niet aanwendbaar zijn om de aanwezigheid van onderzoeksorganisaties in specifieke domeinen na te trekken (zie bijv. Debackere en Fleurent, 1994).

Aangezien technologische ontwikkelingen ook vaak de resultante zijn van een synthese van verschillende competenties (Debackere, Rappa en Clarysse, 1995), is het duidelijk dat samenwerking tussen onderzoekers van vitaal belang is bij het tot stand komen van nieuwe technologische kennis. Dit volgt uit het feit dat complexiteit en ondeelbaarheid een

belangrijk kenmerk zijn van veel technische problemen.¹ Vandaar dat het vandaag de dag steeds minder mogelijk wordt voor één enkele organisatie om alle relevante technologische problemen intern op te lossen (Metcalfe en Soete, 1983). Het gevolg van dit alles is dan ook dat technologische ontwikkeling de resultante is van een proces dat zowel een cumulatieve als een collectieve dimensie heeft.

De collectieve dimensie wordt duidelijk tijdens de institutionalisering van technologische ontwikkelingen in de schoot van een technologische gemeenschap of onderzoeksgemeenschap. Het gevolg van deze institutionalisering is een toenemende legitimering van de technologie in kwestie. Het gevolg van dit legitimatieproces is op zijn beurt een momentum, waardoor nieuwe onderzoekers en organisaties toetreden tot de betreffende onderzoeksagenda. Dit proces beïnvloedt dan weer de snelheid van technologische vooruitgang (Rappa en Debackere, 1992a; Rappa, Debackere en Garud, 1992; Debackere en Rappa, 1994b). Daar meer en meer organisaties deelnemen aan deze kenniswedloop, wordt het steeds belangrijker te onderzoeken wat de determinanten zijn van de tijd gedurende welke een organisatie actief blijft participeren in deze "wedloop".

Technologische gemeenschappen

Omdat technologische ontwikkeling zowel een cumulatief als een collectief proces is, rijst uiteraard de vraag naar een geschikt niveau van analyse om die ontwikkelingen te bestuderen. Constant (1980) suggereert dat technologische ontwikkelingen plaatsvinden in de context van een "community of practitioners where traditions of practice develop". Gray (1985) stelt een "domain level of analysis" voor om collectieve processen van "problem-solving" te bestuderen. Het domein bestaat dan uit "the set of actors (individuals, groups, or organisations) that become joined by a common issue or problem".

Uiteraard kan dit niveau van analyse eveneens toegepast worden op technologieontwikkeling. Het domein wordt dan gedefinieerd als de technologische gemeenschap, die bestaat uit de onderzoekers, evenals de onderzoeksorganisaties die zich engageren om een geheel van gere-

1 Wat managementonderzoek ook moge beweren over "modular design", technologen weten al lang dat er grenzen zijn aan de bereikbare graad van technische modulariteit.

lateerde technologisch-wetenschappelijke problemen op te lossen (Rappa en Debackere, 1992a, 1993; Debackere en Rappa, 1994a, b). Dus, net zoals de onderneming kan worden gezien als "a means of collective action in instances in which the individual fails" (Arrow, 1974), zo ook is de technologische gemeenschap een arena voor collectieve actie ingeval de organisatie faalt.

De contributietijd als maatstaf voor betrokkenheid

Zoals reeds vermeld operationaliseren we de mate waarin een onderzoeksorganisatie actief en zichtbaar betrokken is bij het proces van kenniscreatie via de contributietijd. Dat is de tijdsperiode gedurende welke een organisatie actief én zichtbaar publiceert in de onderzoeksgemeenschap (zie ook verder). Dit betekent uiteraard niet dat organisaties die een bepaalde technologische onderzoeksagenda verlaten tevens verdwijnen als "juridische entiteit". Zij zijn enkel gestopt met het leveren van een actieve bijdrage tot de kennisontwikkeling in een specifiek domein. Hoe kunnen we nu deze contributietijd beter in kaart brengen en zijn antecedenten verklaren?

Sociale-netwerktheorie biedt daarvoor een nuttig vertrekpunt. Deze theorie heeft, via de studie van interacties tussen organisaties, bijgedragen tot een beter inzicht in de determinanten van de overlevingskansen van organisaties (Barnett, 1990; Coleman, 1988; Granovetter, 1985; Hannan en Carroll, 1992). Schaarse middelen en onderlinge interdependencies nopen organisaties tot samenwerking om te overleven (Burt, 1992; Cook, 1977; Pfeffer en Salancik, 1978).

Als centraal concept heeft de sociale-netwerktheorie daarom de notie van het "sociaal kapitaal" van de organisatie geïntroduceerd (Granovetter, 1985). Coleman (1988) definieert sociaal kapitaal als "the variety of different entities which reflect the structure of relations between actors and among actors". Dergelijke relaties kunnen vanuit verschillende invalshoeken bestudeerd worden. Zo kunnen ze staan voor vriendschapsrelaties, familiebanden, financiële transacties of gewoonweg informatie-uitwisseling.

In de context van een technologische gemeenschap staat uiteraard informatie-uitwisseling centraal als emanatie van sociaal kapitaal. Immers,

via informatie-uitwisseling (zowel formeel via publikaties en patenten als informeel) documenteren organisaties hun bijdrage tot het proces van kenniscreatie en maken ze die bijdrage toegankelijk voor andere organisaties in de technologische gemeenschap (Jagtenberg, 1983; Shenhav et al., 1989). Complementair met de sociale-netwerktheorie veronderstelt en argumenteert de "resource-dependence"-theorie dat de toegang van organisaties tot diverse bronnen van macht en kennis positief gerelateerd is aan hun overlevingskansen (Aldrich, 1974; Pfeffer en Salancik, 1978). In het geval van technologische ontwikkelingen wordt (toegang tot) technische kennis vaak als een van de belangrijkste bronnen van macht beschouwd (Cohen en Levinthal, 1990; Nonaka, 1991; Tushman en Anderson, 1986).

Samenwerking biedt één (weliswaar belangrijke) mogelijkheid om toegang tot externe kennis te verwerven. Vandaar onze veronderstelling dat, naarmate een onderzoeksorganisatie via samenwerkingen meer toegang krijgt tot externe kennisbronnen, des te groter de kans wordt dat de organisatie actief zal blijven bijdragen tot kenniscreatie in het domein. Dit houdt eveneens in dat "network embeddedness" tot "lock-in"-fenomenen kan leiden. Immers, naarmate een onderzoeksorganisatie beter ingebed raakt in een netwerk van samenwerkingen in een specifiek domein, zullen de exitbarrières om dat domein te verlaten verder toenemen (Debackere, Clarysse en Rappa, 1995).

Of nog, naarmate een organisatie specifieke technologische competenties opbouwt, wordt het uitermate moeilijk die competenties nog voor andere doeleinden te ontplooiën (d.i. ze zijn pad-afhankelijk). Investeringen langsheen een bepaalde trajectorie kunnen worden beschouwd als een "sunk cost". Naarmate men meer (en langer) in een bepaalde onderzoeksagenda heeft geïnvesteerd, zal het moeilijker worden die onderzoeksagenda te vervangen door een andere. Vandaar de veronderstelling dat, hoe langer een organisatie geassocieerd is met de ontwikkeling van een bepaalde technologie, des te hoger de exitbarrières uit het technologisch domein in kwestie zullen zijn. In de context van het contributietijd-concept betekent dit dat, naarmate de contributietijd van een onderzoeksorganisatie in een bepaald technologisch domein toeneemt, exitgedrag minder en minder frequent zal zijn.

Databronnen

Om de voorgaande stellingen verder empirisch te toetsen, maken we gebruik van de domeinen met betrekking tot transgene planten en hepatitis C. Beide behoren tot de "moderne" biotechnologie en richten zich op de toepassing van de techniek van genetische manipulatie op (1) plantensoorten en (2) de ontwikkeling van diagnostica en therapeutica voor hepatitis C-leveraandoeningen. Beide domeinen ontstonden in de jaren zeventig, kenden een aantal merkwaardige technologische doorbraken in de jaren tachtig, en zien de eerste stappen naar commercialisatie onthullen in de jaren negentig. Bovendien spelen Vlaamse onderzoeksteams een sleutelrol in beide domeinen. Het hierna gerapporteerde onderzoek maakt bovendien deel uit van de onderzoeksacties van het Vlaams Actieprogramma Biotechnologie, geadmistreerd door het IWT te Brussel. Vandaar onze interesse om juist deze beide domeinen longitudinaal te bestuderen, via een eigen ontwikkelde (bibliometrische) methodologie (Rappa en Debackere, 1992b; Clarysse, Debackere en Van Dierdonck, 1996).

Datacollectie en onderzoeksmethode

Publikaties en patenten vormen uniek archiefmateriaal met betrekking tot de ontwikkeling van een bepaald technologisch domein. Ze vormen als het ware een kroniek van de inspanningen van onderzoekers en hun organisaties om een bepaalde onderzoeksagenda in te vullen. Bovendien vormen publikaties en patenten een aantrekkelijke bron van gegevens omdat ze:

1. gemakkelijk toegankelijk zijn via elektronische media,
2. dankzij de publikatie- en patentconventies een zekere graad van kwaliteit en authenticiteit garanderen,
3. verzameld kunnen worden zonder de desbetreffende onderzoekers of organisaties uitvoerig te bevragen of lastig te vallen met interviews en vragenlijsten,
4. op eenvoudige wijze een replicatie van de bevindingen mogelijk maken, en
5. publiek toegankelijk en niet al te duur zijn.

Met andere woorden, de literatuur vormt een vrijwel onuitputtelijke bron van data voor onze onderzoeksdoeleinden.

Datacollectie

Elektronische databanken (meer bepaald die van het Institute for Scientific Information in Philadelphia, de database van het U.S. Patent Office en de Espace-database) werden gebruikt om de publikaties en patenten in beide onderzoeksdomeinen te lokaliseren. De databanken werden opgevraagd aan de hand van een verzameling zoektermen die normaliter tot het lexicon van onderzoek over transgene planten en hepatitis C behoren. Deze zoektermen konden zich zowel in de titel als in de abstract of indextermen van het artikel bevinden. Zowel de zoekstrategie als haar resultaten werden geverifieerd en gevalideerd door drie experts in elk vakgebied.

De procedure van de datacollectie resulteerde in de identificatie van 1.425 literatuurdocumenten en 97 patenten voor het domein van transgene planten tussen 1980 en 1992. De databank leidde verder tot de identificatie van 2.926 onderzoekers, die tijdens die 13 jaar tewerkgesteld waren bij 367 onderzoeksorganisaties. Voor hepatitis C werden 3.850 documenten bijeengebracht (periode: 1974-1993). Dit resulteerde in 8.500 onderzoekers, tewerkgesteld bij 991 onderzoeksorganisaties.²

Daar dit artikel zich richt op de contributietijden van onderzoeksorganisaties, werd een statistische databank gecreëerd die tijdsvariante covariaten bevat voor elke organisatie die in de dataset aanwezig is.

Voor de dataset van de transgene planten bekomen we de volgende distributie (op basis van het type organisatie): 203 (of 55%) zijn universiteiten; 102 (of 28%) zijn (non-profit) overheidslaboratoria; 29 (of 8%) zijn grote ondernemingen (bijv. Monsanto); 33 (of 9%) zijn "new biotechnology firms" (bijv. Plant Genetic Systems N.V.).

Voor hepatitis C komen we tot de volgende distributie: 321 universiteiten (32%); 238 overheidslaboratoria (24%); 43 grote ondernemingen (5%); 9 "new biotechnology firms" (1%; bijv. Innogenetics N.V.); 380 ziekenhuizen (38%).

De eenheden van analyse in deze studie zijn de individuele organisaties in de dataset. Dit houdt in dat, indien twee onderzoeksgroepen aan

² Gelet op het zeer geringe aantal actoren in de periode 1974-1979, werden de gegevens voor deze periode geaggregeerd.

eenzelfde instelling Y verbonden zijn, ze als één en slechts één organisatie behandeld worden, met name onderzoeksorganisatie Y.

Afhankelijke variabele

Het aantal jaren dat verloopt tussen de eerste en de laatste publikatie van een onderzoeksorganisatie wordt gebruikt als een unieke indicator van de contributietijd van die organisatie (Rappa, Debackere en Garud, 1992). Indien contributietijden op individueel niveau berekend worden, dan doet zich een probleem van continuïteit voor. Immers, niet elke onderzoeker publiceert ieder jaar. Het gevolg is dat de contributietijd van een onderzoeker gekenmerkt kan worden door niet-productieve periodes, die meerdere jaren kunnen duren. Dit probleem is belangrijk op het niveau van de individuele analyse (Debackere, Clarysse et al., 1993). Op organisatieniveau is deze problematiek echter verwaarloosbaar, daar minder dan 1% van alle organisaties in de dataset een publikatiekloof hebben die groter is dan drie jaar.

Verklarende variabelen

In de hierna gerapporteerde analyses beschouwen we (naast de netwerkvariabelen, die de kern van het verhaal uitmaken) twee variabelen die indicatief zijn voor de competitie tussen organisaties in het ontluikende domein. Ze meten de "contemporaneous" densiteit (Hannan en Carroll, 1992) en de entropie (Tirole, 1988). Ze zijn afgeleid uit theorie van de "population ecology" en uit de industriële economie. In de lijn van de argumentatie die is opgebouwd door Ronald Burt (1992) hebben we beide indicatoren berekend op het niveau van structureel equivalente actoren. Twee actoren zijn structureel equivalent in de mate dat ze identieke relaties onderhouden met elke actor in elk netwerk in een sociale structuur. De mate waarin twee organisaties *i* en *j* structureel equivalent zijn wordt uitgedrukt in functie van de euclidische afstand tussen hun relatiepatronen.

De output die wordt gegenereerd door het sociometrisch programma STRUCTURE (versie 4.2, zie Burt, 1991) wordt hierbij gebruikt om de onderzoeksorganisaties te clusteren in structureel equivalente groepen. Toepassing van STRUCTURE leidt tot de identificatie van vier structureel equivalente groepen voor de dataset van de transgene planten en

vijf groepen voor de hepatitis C-onderzoeksgemeenschap (Clarysse, Debackere en Van Dierdonck, 1995).

De twee competitie-indicatoren werden berekend als controlevariabelen. De eerste is gebaseerd op de "contemporaneous" densiteit van Hannan en Carroll (1992). Dit is de populatiedensiteit, gekwadrateerd en gedeeld door 1.000. De tweede index is de entropie-index van de publikatie-aandelen voor de organisaties die behoren tot een structureel equivalente klasse. De entropie-index voor de transgene-plantenanalyses werd berekend als $\sum p \cdot \ln(p)$, waarbij p het relatieve publikatieaandeel is voor elke organisatie.³ De waarde van deze variabele is negatief, waarbij de maximumwaarde van 0 bereikt wordt ingeval één enkele organisatie de volledige publikatiemarkt zou domineren. In het geval van hepatitis C werd de entropie-index genormaliseerd door elke entropiewaarde te delen door het ideale symmetrische model in elke structureel equivalente groep. Het gevolg van deze ingreep is een relatieve entropie-index die varieert van 0 (monopolie) tot 1 (competitie).

Zoals reeds vermeld, gaat de meeste aandacht in dit artikel uit naar de relatie tussen netwerkvorming en contributietijd. Het is echter duidelijk dat de positie van een organisatie in een "netwerk" van samenwerkingen en/of informatie-uitwisselingen een multidimensioneel concept is. De sociale-netwerkteorie reikt daartoe een waaier aan netwerkindicatoren aan (Burt, 1992). We verwijzen naar tabel 1 voor een overzicht van de netwerkindicatoren die we in dit artikel hebben gebruikt. Een eerste indicator geeft aan of een organisatie al dan niet behoort tot een lokaal netwerk of "clique" (gedefinieerd als een subgraph) in het netwerk van de respectieve onderzoeksgemeenschappen (gedefinieerd als een graph). Het behoren tot een clique is een eerste aanwijzing van "embeddedness" en wordt dus verondersteld positief gerelateerd te zijn aan de contributietijd. De operationalisatie geschiedt aan de hand van een dummy 0/1-variabele.

Een tweede indicator is de grootte van het contactnetwerk van de organisatie. Indien het aantal organisaties waarmee een specifieke organisatie samenwerkt, toeneemt, dan krijgt deze laatste toegang tot een grotere diversiteit aan kennisbronnen (Cohen en Levinthal, 1990). Deze

3 Hierbij gaan we ervan uit dat onderzoeksgemeenschappen markten voor ideeën zijn en dat de "produkten" op dergelijke markten gevat kunnen gevat worden in de vorm van publikaties.

grotere toegankelijkheid kan dan op haar beurt een positieve invloed hebben op de contributietijd van de organisatie.

Netwerkgrootte alleen is echter nog niet noodzakelijk een maatstaf voor de intensiteit van samenwerking tussen organisaties. De proportionele densiteit van Ronald Burt (1992) beschrijft het aantal paarsgewijze contacten waarin een specifieke organisatie betrokken is, gedeeld door het totaal aantal dyades waarbij deze organisatie betrokken zou kunnen zijn, gelet op de grootte van haar contactnetwerk. Proportionele densiteit kan gerelateerd worden aan de homogeniteit van de kennisbronnen binnen het netwerk van een specifieke organisatie, en dit op de volgende manier.

Indien de proportionele densiteit dicht bij haar maximale waarde (met name 1) benadert, veronderstellen we dat de homogeniteit van de kennis die aanwezig is in het netwerk groter zal zijn. Homogeniteit heeft het voordeel focus te introduceren in de onderzoeksagenda's van de verschillende actoren in het netwerk. Immers, indien elke actor maximaal gerelateerd is aan elke andere actor, worden de netwerkactoren geacht over maximale informatie te beschikken omtrent de onderzoeksfoci van de partners in het netwerk. Een grote homogeniteit houdt echter potentieel ook beperkingen in. Immers, wanneer iedere actor in het netwerk maximaal gerelateerd is aan alle andere actoren, dan houdt dergelijke situatie het gevaar in dat de variëteit aan probleembenaderingen daalt door het introduceren van een té sterke focus.

Naast de voorgaande, *relationele* kenmerken van interorganisationale netwerken beschikken we over twee belangrijke indicatoren die de *positie* van de organisatie in een R&D-netwerk beschrijven: "macht" en "prestige". Zoals weergegeven in tabel 1, zijn beide gebaseerd op het centraliteitsprincipe. Ze geven een indicatie van de mate waarin een organisatie in staat is een samenwerkingsnetwerk te domineren. "Dominantie" wordt hierbij verklaard vanuit de structuur van het netwerk. Macht, prestige of nog, dominantie, worden dus geoperationaliseerd via hun sociometrische definitie zoals we die terugvinden in het centraliteitsconcept. De definitie van centraliteit geeft de verhouding weer van het aantal actoren j verbonden met ego i ($\sum \delta_{ij}$ met $\delta_{ij}=1$ indien er een relatie bestaat tussen i en j , zoniet $\delta_{ij}=0$) tot het maximaal aantal actoren waarmee i verbonden zou kunnen zijn, d.i. $N-1$ indien het aantal actoren in het netwerk gelijk is aan N .

Tabel 1. Tijdsvariante sociometrische co-varianten die in de analyses gebruikt zijn.

NETWERKVARIABLE	BESCHRIJVING
Behoren tot een clique	Dummy 0-1 variabele die de waarde 1 aanneemt indien de organisatie tot een "clique" van samenwerkende organisaties behoort.
Aantal contacten	Aantal organisaties in de onderzoeksgemeenschap waarmee de organisatie heeft samengewerkt op basis van co-auteurschappen.
Homogeniteit	Dit is Burts proportionele densiteit. Indien ego's netwerk grootte gelijk is aan N (d.i. het aantal organisaties in ego's netwerk), dan is de proportionele densiteit het aantal contactparen waarin de organisatie betrokken is, gedeeld door het maximaal aantal dyades waarin de organisatie betrokken zou kunnen zijn, d.i. proportionele densiteit = $(\sum_j \sum_q \delta_{jq}) / N(N-1)$ met $j \neq q$; en $\delta_{jq} = 1$ indien het aantal co-auteurschappen tussen organisaties j en q verschilt van 0, zoniet is $\delta_{jq} = 0$; met N de grootte van ego's netwerk. Naarmate de proportionele densiteit dichterbij de waarde 1 benadert, veronderstellen we dat de kennisbronnen in ego's netwerk homogener zijn.
Macht	Dit is het aantal relaties waarin ego direct betrokken is, gedeeld door het totale aantal relaties tussen de verschillende actoren in ego's netwerk. Dit totale aantal relaties bestaat uit (1) alle relaties tussen ego en zijn directe alters, en (2) alle relaties tussen ego's directe alters waarin ego niet betrokken is. Deze variabele geeft aan in welke mate ego in staat is zijn netwerk te domineren.
Prestige	Deze variabele is een indicator van de prestigepositie van elke organisatie ten opzichte van de meest prestigieuze organisatie in de datasets. De absolute prestigepositie werd berekend volgens Burts algoritme: prestige van i = $p_i = \sum_j [z_{ij} / \sum_k (z_{ik})] p_j$ met $j \neq i, k$; waarbij z_{ij} staat voor het aantal co-auteurschappen tussen organisatie j en i; p_j is een element uit de corresponderende eigenvector in de rijstochastische matrix. De absolute prestigepositie van elke organisatie wordt vervolgens gedeeld door de prestigewaarde van de meest prestigieuze organisatie in de dataset.

De machtsindicator geeft aan in welke mate een organisatie centraal is in het R&D-netwerk. Het is de verhouding van het aantal relaties waarin een organisatie effectief betrokken is tot het totaal aantal relaties waarin de organisatie betrokken zou kunnen zijn.

Prestige is een verdere verfijning van de "machts"-indicator. Het prestige van een organisatie neemt toe (1) naarmate de organisatie meer centraal staat in het netwerk, en (2) naarmate de meer centrale organisatie sterker gekoppeld is aan andere "centrale" actoren dan aan actoren die zich aan

de periferie van het netwerk bevinden. Prestige is, met andere woorden, een indicatie van de mate waarin andere min of meer "machtige" actoren een beroep doen op de "tijd" en "energie" van een specifieke organisatie. De mathematische operationalisatie wordt besproken in tabel 1. We veronderstellen verder dat zowel de "machts"- als de "prestige"-positie van een organisatie positief gerelateerd zijn aan haar contributietijd.

Al deze netwerkvariabelen worden, zoals eerder vermeld, geoperationaliseerd door gebruik te maken van de data over co-auteurschappen tussen organisaties in de bibliometrische databanken, via de algoritmes gebaseerd op de sociale-netwerktheorie.

Tot slot werden voor elke organisatie in beide datasets een aantal "productiviteitsvariabelen" berekend. Zoals blijkt uit tabel 2 hebben deze productiviteitsvariabelen zowel betrekking op input (cumulatief aantal onderzoekers bij elke organisatie in de dataset) als op output (cumulatief aantal publikaties per organisatie, onderzoekersproductiviteit, aantal patenten per organisatie). Deze variabelen werden aan de dataset toegevoegd om een eerste inzicht te krijgen in de relatie tussen produktiviteit en contributietijd. Ze behoren echter niet tot de kern van de analyses die onze aandacht opeisen in het kader van dit artikel. Wel werden ze, bij wijze van contrast, in een derde stap toegevoegd aan elk getest model (zie tabel 2). Bovendien zijn de input-outputgegevens momenteel volledig voor het onderzoek betreffende transgene planten (367 organisaties en 2.926 onderzoekers) dan voor de hepatitis C-populatie (991 organisaties en 8.500 onderzoekers). Dit verschil in volledigheid is enkel toe te schrijven aan de hoeveelheid data-input die nodig is om per jaar per onderzoeker per organisatie (in geval van 8.500 onderzoekers) individuele produktiviteitsindicatoren te berekenen. Een overzicht van de hoeveelheid werk bij het manipuleren van bibliometrische data om te komen tot tijdsvariante co-varianten wordt gegeven in Rappa en Debackere (1992b).

Alle operationalisaties geschieden dus volgens een "multiple-spell" of tijdsvariante benadering. Dit betekent dat voor elke variabele de waarde berekend wordt voor elk jaar gedurende hetwelk een organisatie actief is in de onderzoeksgemeenschap. Met andere woorden: in de dataset bevinden zich per organisatie zoveel datalijnen als het aantal jaren gedurende welke de organisatie actief is in de onderzoeksgemeenschap, d.i. als de contributietijd van de organisatie (Debackere, Clarysse et al., 1993).

Invloed van netwerkvorming op de contributietijd

Aan de hand van "failure time"-modellen hebben we de contributietijd van organisaties in beide gemeenschappen bestudeerd (Kalbfleisch en Prentice, 1980). De data werden eerst geanalyseerd aan de hand van de beschikbare procedures in SAS. De invloed van de tijdsvariante co-varianten werd nagegaan aan de hand van het programma LIMDEP (Greene, 1992). Van de 367 transgene-plantenorganisaties waren er 249 (67,8%) actief tijdens de laatste drie jaar waarover de dataset loopt. Ze werden dan ook als gecensureerd gecodeerd. Voor de 991 hepatitis C-organisaties, werden er 643 of 64,9% gecensureerd.

Het basismodel dat gebruikt wordt bij de parametrische analyse van de contributietijden ziet er als volgt uit:

$$Y = X\beta + \sigma\epsilon$$

Y staat voor de logaritme van de contributietijden (de "failure time"), X bevat de covariaten, β is een vector met onbekende regressieparameters, σ is een schaalparameter en ϵ is een foutvector volgens een gekozen distributie. De modellen worden stapsgewijs geschat zoals aangegeven in tabel 2a en 2b.

Zoals blijkt uit tabel 2a en 2b zijn de resultaten voor beide datasets sterk gelijklopend. De eerste modellen bevatten de competitiviteitsindicatoren. De tweede reeks modellen zijn het resultaat van de stapsgewijze invoer van de sociometrische indicatoren. Het derde model, tot slot, bevat alle variabelen, inclusief de produktiviteitsindicatoren. De scores voor de "Log-likelihood" geven aan dat de "fit" van de modellen verbetert naarmate co-varianten worden toegevoegd.

Het negatieve teken ($p < 0,001$) van de "contemporaneous density"-variabele bevestigt de hypothese van Hannan en Carroll (1992). Gelet op de definities van de entropievariabelen, tonen de resultaten ($p < 0,01$) aan dat meer gefragmenteerde publikatiemarkten een positieve invloed hebben op contributietijden.

De belangrijkste veronderstellingen over de relaties tussen de netwerkvariabelen en de contributietijd worden bevestigd. Het feit tot een "clique" te behoren is positief geassocieerd met de contributietijd. "Macht" en "prestige" zijn eveneens positief gerelateerd aan de contributietijd van de organisatie. De enige veronderstelling die geen steun

krijgt op basis van de data betreft de relatie tussen de grootte van het netwerk en de contributietijd. Niettegenstaande het significante effect, wijst het negatieve teken van de variabele op een afname van de contributietijd naarmate het netwerk groter wordt.

Tabel 2.a. Schatting contributietijden, "multiple-spell"-benadering voor het transgene-plantenonderzoek.

VERKLARENDE VARIABELEN	Model 1	Model 2	Model 3
Competitie in structureel equivalente klasse "Contemporaneous" densiteit	-0,123 ^c	-0,140 ^c	-0,133 ^c
Entropie (waarden: $-\infty$ (competitie) — 0 (monopolie))	-0,638 ^c	-0,390 ^c	-0,322 ^b
Netwerk "embeddedness" op organisatieniveau		1,319 ^c	1,273 ^c
Behoren tot clique		-0,292 ^b	-0,313 ^c
Aantal contacten		0,010	0,031
Homogeniteit		0,050 ^c	0,050 ^c
Macht		1,978 ^c	1,713 ^c
Prestige			
R&D-input- en outputindicatoren op organisatieniveau			0,029
Cumulatief aantal onderzoekers			-0,043
Cumulatief aantal publikaties			0,401
Onderzoeksproductiviteit			0,053
Cumulatief aantal patenten			
Schaalparameter	0,496 ^c	0,417 ^c	0,407 ^c
"Log-likelihood"	-617	-542	-539

367 organisaties (118 of 32,2% zijn niet-gecensureerd); 1.424 "spells".

Significanties

a = 0,05 < p < 0,01

b = 0,01 < p < 0,001

c = p < 0,001

Alhoewel dit resultaat verrassend lijkt, toont een verdere data-analyse aan dat het aantal organisaties waarmee een specifieke organisatie samenwerkt niet noodzakelijk indicatief is voor de "macht" en het "prestige" van deze laatste. Bovendien stellen we vast dat nogal wat organisaties die de onderzoeksgemeenschap snel verlaten, "one-shot"-contacten onderhouden met meerdere organisaties in de onderzoeksgemeenschap (3-tot-6 contacten vormen geen uitzondering). Ze blijven echter in sterke mate perifeer, niet in staat tot een zekere "machts"- of "prestige"-positie door te breken. Netwerkgrootte is dus zeker geen voldoende voorwaarde voor een blijvende contributie. Veeleer is het de

positie (of "embeddedness") van de organisatie in het R&D-netwerk die van belang is. Deze stelling wordt verder bevestigd door ons onderzoek naar intredegedrag in onderzoeksgemeenschappen en R&D-netwerkvorming (Debackere en Clarysse, 1995). Uit dit onderzoek blijkt dat, indien organisaties bij intrede niet snel hun netwerkcontacten kunnen uitbouwen tot een zekere centraliteitspositie, hun overlevingskansen beperkt tot onbestaande zijn.

Tabel 2.b. Schatting contributietijden, "multiple-spell"-benadering voor het hepatitis C-onderzoek.

VERKLARENDE VARIABELEN	Model 1	Model 2	Model 3
Graad van competitie in structureel equivalente klasse "Contemporaneous" densiteit	-0,016 ^c	-0,023 ^c	-0,025 ^c
Rel. entropie (waarden: 0 (monopolie) — 1 (competitie))	4,740 ^c	3,581 ^c	4,147 ^c
Netwerk "embeddedness" op organisatieniveau			
Behoren tot clique		2,274 ^c	2,529 ^c
Aantal contacten		-0,276 ^c	-0,265 ^c
Homogeniteit		-0,147	-0,209
Macht		0,089 ^c	0,098 ^c
Prestige		6,689 ^c	7,365 ^c
R&D-productiviteit op organisatieniveau			
Cumulatief aantal publikaties			-0,086 ^c
Schaalparameter	0,519 ^c	0,353 ^c	0,361 ^c
"Log-likelihood"	-1,487	-1,126	-1,118

991 organisaties (348 of 35,1% zijn niet-gecensureerd); 3.795 "spells".

Significanties

a = 0,05 < p < 0,01

b = 0,01 < p < 0,001

c = p < 0,001

Met betrekking tot het homogeniteitsvraagstuk laten de resultaten niet toe conclusies te trekken, omdat de coëfficiënt niet significant is. Tot slot is het interessant de weinig conclusieve resultaten van de R&D-input-outputanalyses aan te halen.

Verdere analyses tonen aan dat de "machtigste" of "meest prestigieuze" organisaties niet noodzakelijk de meest produktieve zijn. Uiteraard is een minimale produktiviteitsdrempel vereist om een zekere netwerkpositie (in termen van "macht" en "prestige") te bereiken (voor onze data

ligt die drempel in de omgeving van tien publikaties). Wanneer die drempelwaarde eenmaal bereikt is, wordt de relatie tussen produktiviteit en positie in het netwerk sterk afgezwakt.

Exitbarrières en "lock-in"-fenomenen

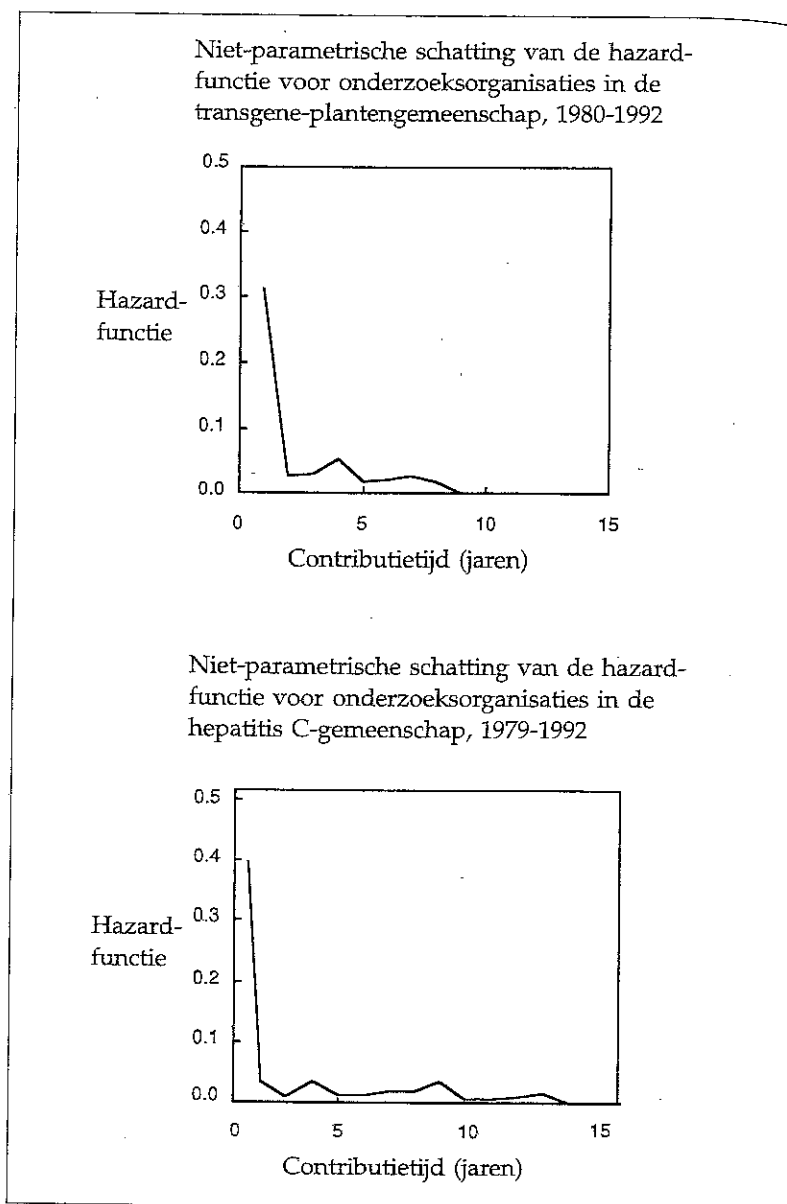
Om, ten slotte, de opbouw van uittredingsbarrières in functie van de tijd na te gaan, hebben we niet-parametrische "hazard"-functieanalyses uitgevoerd, gebaseerd op de tijdsduur gedurende welke de organisatie met de respectieve onderzoeksagenda's geassocieerd is (zie figuur 1). De "hazard rate" geeft de probabiliteit weer dat een willekeurige onderzoeksorganisatie het betreffende domein verlaat in jaar x+1 nadat ze x jaar actief is geweest.

De "hazard"-functies zijn in beide gevallen dalende functies die asymptotisch tot 0 naderen voor organisaties met contributietijden boven de 4 jaar. De probabiliteit dat een organisatie de onderzoeksgemeenschap verlaat na een contributietijd boven de 2 jaar bedraagt ongeveer 0,03, in vergelijking met 0,30 voor een organisatie met een contributietijd van 1 jaar. De basisveronderstelling hierbij is uiteraard dat, naarmate een organisatie langer bijdraagt tot een bepaalde onderzoeksagenda, des te groter de barrière wordt om het domein te verlaten. Bovendien tonen de resultaten aan dat het exitrisico het grootst is tijdens de eerste jaren.

Bespreking en conclusie

Niet-parametrische schattingen van de "hazard"-functies in beide onderzoeksgemeenschappen tonen aan dat het risico op uittreding het grootst is tijdens de eerste jaren van de contributie van een organisatie tot een bepaald domein. Wanneer een organisatie eenmaal start met investeringen in een bepaalde technologie, dan stapelen de exitbarrières zich zeer snel op. Parametrische "multiple-spell"-modellen van contributietijden geven een aantal indicaties van de determinanten van contributietijden. De "embeddedness" of positie van een organisatie in het R&D-netwerk blijkt een sterke en positieve determinant van haar contributietijd. En, zoals gesteld, de grootte van het netwerk is zeker geen voldoende voorwaarde voor een blijvende actieve en zichtbare bijdrage tot een ontluik-

Figuur 1. "Hazard"-functies voor contributietijden bij onderzoek naar transgene planten en hepatitis C.



kend domein. Veeleer blijkt de netwerk-positie van de organisatie van tel te zijn.

Deze resultaten hebben volgens ons een aantal niet te verwaarlozen implicaties voor al wie zich zowel uit theoretisch als uit praktisch managementoogpunt bezighoudt met het fenomeen van "netwerkvorming". Uit theoretisch oogpunt is het belangrijk een beter zicht te krijgen op de dynamiek van netwerkvorming en haar invloed op diverse "afhankelijke" variabelen zoals contributietijd (zie boven), maar ook op andere afhankelijke variabelen zoals R&D-productiviteitsindicatoren. Belangrijk hierbij is het standpunt dat de invloed van netwerkvorming longitudinaal dient te worden onderzocht. Vandaar het gebruik van "multiple-spell"- of tijdsvariante methodes. Verder biedt deze benadering het voordeel dat netwerkvorming bestudeerd wordt op het niveau van een specifieke populatie (in casu de onderzoeksgemeenschap) waarin diverse eenheden van analyse kunnen worden onderkend (zie ook Debackere en Clarysse, 1995).

Dit is een invalshoek die in belangrijke mate complementair is met het huidige onderzoek betreffende netwerkvorming, waar men al te vaak vertrekt van het standpunt van de individuele actor (zowel individu als organisatie) en daarbij uit het oog verliest dat "(...) the organisation-centered perspective has therefore promulgated, however unwittingly, a fragmented view of the system of interorganisational exchange. In reality, the extent to which organisations are constrained by exchange relations is likely to be far greater than even resource-dependence theory implies. Not only are organisations suspended in multiple, complex, and overlapping webs of relations, but the webs are likely to exhibit structural patterns that are invisible from the perspective of a single organisation caught in the tangle. To detect overarching structures, one has to rise above the individual firm and analyze the system as a whole" (Barley, Freeman en Hybels, 1992, blz. 311-312). Het analyseniveau en de aanpak die we in dit artikel beschreven hebben, maken het mogelijk om precies aan die kritiek tegemoet te komen.

Vanuit een praktijkstandpunt draagt dit artikel bij tot een beter begrip van de dynamiek die zich ontplooit in R&D-netwerken. Zeker in het geval van complexe technologieën wordt netwerkvorming zonder meer een conditio sine qua non wil men als onderzoeksorganisatie performant bijdragen tot hun verdere ontwikkeling. Zoals daarnet echter gesteld, zal het aantal vrijheidsgraden waarover een organisatie beschikt om zelf

actief aan netwerkvorming te doen beïnvloed (en nogal dikwijls beperkt) worden door de reeds bestaande netwerkstructuur in het betreffende domein. Bovendien heeft, zoals blijkt uit onze analyses, een centrale netwerkpositie een positieve invloed op de contributie van de organisatie tot het ontluikende domein. Maar terzelfder tijd gaat centraliteit gepaard met het ontstaan van "lock-in"-fenomenen. R&D-managers zien zich dus voor een dilemma geplaatst. Enerzijds wordt van hen gevraagd dat ze hun organisaties inbedden in R&D-netwerken, anderzijds houdt dit "ingebod" raken het gevaar in dat hun onderzoeksgroepen ingesloten raken in een bepaald technologisch traject, ook wanneer anderen dat traject reeds verlaten hebben. Met andere woorden, netwerkvorming heeft niet alleen veel positieve kanten. Het kan, vanuit het standpunt van de onderzoeksorganisatie, eveneens leiden tot belangrijke inertieën. Het is de taak van het R&D-management van de organisatie om deze paradox zo goed mogelijk op te volgen, en waar nodig actief bij te sturen door de betrokken onderzoeksgroepen te "dwingen" tot heroriëntatie, ook al wordt dat moeilijker naarmate deze groepen beter "ingebod" zijn in een professioneel netwerk.

Referenties

- ALDRICH, H. (1974), *An Interorganizational Dependency Perspective on Relations between the Employment Service and its Organization-set*, Ithaca, N.Y., Cornell University Press.
- ALLEN, T.J. (1977), *Managing the Flow of Technology*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- ALLEN, T.J. (1966), "Studies of the problem-solving process in engineering design", *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-18, blz. 72-83.
- ARROW, K.J. (1974), *The Limits of Organization*, New York, Norton Company.
- BARLEY, S.R., J. FREEMAN en R.C. HYBELS (1992), "Strategic alliances in commercial biotechnology", in: NOHRIA en ECCLES, eds., *Networks and Organizations*, Boston, Harvard Business School Press, blz. 311-347.
- BARNETT, W.P. (1990), "The organizational ecology of a technological system", *Administrative Science Quarterly*, 35, blz. 31-60.
- BROCKHOFF, K. (1994), *Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle*, München, R. Oldenbourg Verlag.
- BURT, R.S. (1991), *STRUCTURE version 4.2*.
- BURT, R.S. (1992), *Structural Holes: The Social Structure of Competition*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- CAPRON, H. (1992), *Economic Quantitative Methods for the Evaluation of the Impact of R&D Programmes: A State-of-the-Art*, Luxemburg, Commission of the European Communities, rapport EUR 14864 EN.
- CLARYSSE, B., K. DEBACKERE en R. VAN DIERDONCK (1996), "Research networks and organizational mobility in an emerging technological field: the case of plant biotechnology", *The Economics of Innovation and New Technology*, 4, 2, blz. 77-96.
- COHEN, W.M. en D.A. LEVINTHAL (1990), "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, jg. 35, blz. 128-152.
- COLEMAN, J.S. (1988), "Social capital in the creation of human capital", *American Journal of Sociology*, 94, blz. 95-120.
- CONSTANT, E.W. (1980), *The Origins of the Turbojet*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- COOK, K.S. (1977), "Exchange and power in networks of interorganizational relations", *The Sociological Quarterly*, 18, blz. 62-82.
- DASGUPTA, P. (1988), "Patents, priority and imitation or, the economics of races and waiting games", *The Economic Journal*, 98, blz. 66-80.
- DASGUPTA, P. en P.A. DAVID (1994), "Towards a new economics of science", *Research Policy*, 23, blz. 487-521.
- DEBACKERE, K., B. CLARYSSE, M.A. RAPPA, G. VAN HOOYDONCK en R. GEVAERT (1993), "The application of sociometric and event-history modelling on bibliometric data", *Research Evaluation*, 3, 1, blz. 2-12.
- DEBACKERE, K. en M.A. RAPPA (1994a), "Technological communities and the diffusion of knowledge: a replication and a validation", *R&D Management*, 24, 4, blz. 353-369.
- DEBACKERE, K. en M.A. RAPPA (1994b), "Institutional variations in problem choice and persistence among scientists in an emerging field", *Research Policy*, 23, 4: 425-441.
- DEBACKERE, K. en I. FLEURENT (1994), *Voorstelling van de Resultaten van de Eerste Innovatie-Enquête in Vlaanderen*, Rapport in opdracht van het IWT, 26 pp.
- DEBACKERE, K. en B. CLARYSSE (1995), "Networks of technical change: exploring the influence of network structure on entry patterns in technological communities," te verschijnen in *Journal of Engineering and Technology Management*.
- DEBACKERE, K., M.A. RAPPA en B. CLARYSSE (1995), "Autonomy and persistence in industrial research: the dilemma revisited," te verschijnen in *Journal of High Technology Management Research*.
- DEBACKERE, K., B. CLARYSSE en M.A. RAPPA (1995), "R&D networks and organizational survival in an emerging technological field," te verschijnen in *Industrial and Corporate Change*.
- DOSI, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories," *Research Policy*, 11, blz. 147-162.
- GOODMAN, R.A. en M.W. LAWLESS (1994), *Technology and Strategy: Conceptual Models and Diagnostics*, New York, Oxford University Press.
- GRANOVETTER, M. (1985), "Economic action and social structure: the problem of embeddedness", *American Journal of Sociology*, 91, 3, blz. 481-510.
- GRAY, B. (1985), "Conditions facilitating interorganizational collaboration", *Human Relations*, 38, 10, blz. 911-936.
- GREENE, W.H. (1992), *LIMDEP*, New York, Econometric Software Inc.

- HANNAN, M.T. en G.R. CARROLL (1992), *Dynamics of Organizational Populations: Density, Legitimation, and Competition*, New York, Oxford University Press.
- JAGTENBERG, T. (1983), *The Social Construction of Science: A Comparative Study of Goal Direction, Research Evolution and Legitimation*, Dordrecht, D. Reidel.
- KALBFLEISCH, J.D. en R.L. PRENTICE (1980), *The Statistical Analysis of Failure Time Data*, New York, John Wiley & Sons.
- LAUDAN, R. (1984), *The Nature of Technological Knowledge*, Dordrecht, Reidel.
- LORENZI, J.H. en J. BOURLES (1995), *Le Choc du Progrès Technique*, Parijs, Economica.
- METCALFE, J.S. en L. SOETE (1983), "Notes on the evolution of technology and international competition," gepresenteerd op de *Workshop on Science and Technology Policy*, University of Manchester.
- NELSON, R.R. en S.G. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- NONAKA, I. (1991), "The knowledge-creating company", *Harvard Business Review*.
- PFEFFER, J. en G.R. SALANCIK (1978), *The External Control of Organizations*, New York, Harper & Row.
- RAPPA, M.A. en K. DEBACKERE (1993), "Youth and scientific innovation: the role of young scientists in the development of a new field," *Minerva*, 31, 1, blz. 1-20.
- RAPPA, M.A. en K. DEBACKERE (1992a), "Technological communities and the diffusion of knowledge", *R&D Management*, 22, 3, blz. 209-220.
- RAPPA, M.A. en K. DEBACKERE (1992b), "Monitoring progress in R&D communities", in: WEINGART, SEHRINGER en WINTERHAGER, eds., *Representations of Science and Technology*, Leiden, DSWO Press, blz. 253-265.
- RAPPA, M.A., K. DEBACKERE en R. GARUD (1992), "Technological progress and the duration of contribution-spans", *Technology Forecasting and Social Change*, 42, 3, blz. 133-145.
- ROBERTS, E.B. (1987), *Generating Technological Innovation*, New York, Oxford University Press.
- SAHAL, D. (1981), *Patterns of Technological Innovation*, Reading, MA, Addison-Wesley Publishing Cy.
- SHENHAV, Y.A., LUNDE, T.K. en A.I. GOLDBERG (1989), "External effects on research endeavors," *Human Relations*, 42, 5.
- TIOLE, J. (1988), *Industrial Organization*, Cambridge, MA, The MIT Press.
- TUSHMAN, M.L. en P. ANDERSON (1986), "Technological discontinuities and organisational environments", *Administrative Science Quarterly*, 31, blz. 439-465.
- UTTERBACK, J.M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Boston, MA, Harvard Business School Press.
- VON HIPPEL, E. (1988), *The Sources of Innovation*, New York, Oxford University Press.
- WEELWRIGHT, S.C. en K.B. CLARK (1992), *Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality*, New York, The Free Press.

Abstract

Persistence of Research Organisations in Emerging Technological Fields

This article examines the persistence of research organisations in two emerging technological fields: transgene plant research (367 research organisations are studied over a 13-year time period) and hepatitis C research (991 research organisations are studied over a 19-year time period). Using sociometric techniques and failure time modelling, the influence of R&D-networking on persistence in emerging technological fields is demonstrated. Persistence is operationalised as the ongoing, active contribution to knowledge creation in both fields studied (i.e. the contribution-span, which is measured as the time between the organisation's first and last patent/publication in the field). The various time-varying sociometric co-variables are built into the failure time models. The empirical results emphasize the significant influence of network embeddedness on organisational contribution-spans.