



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Strategy dynamics

Jacobs, F.J.A.

### Citation

Jacobs, F. J. A. (2020, December 8). *Strategy dynamics*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/138513>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/138513>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/138513> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Jacobs, F.J.A.  
**Title:** Strategy dynamics  
**Issue date:** 2020-12-08

### Strategiedynamica

#### INLEIDING

Dit proefschrift bestudeert het begrip strategie met behulp van wiskundige modellen vanuit twee perspectieven. Het eerste deel behandelt de opiniedynamica. Hierin wordt geanalyseerd hoe de steun voor opinies verandert onder invloed van herhaaldelijke ontmoetingen tussen individuen met verschillende opinies. Deel 2 van het proefschrift bestudeert de veranderingen in strategieën als gevolg van evolutie.

#### OPINIEDYNAMICA

Opeenvolgende opiniepeilingen zoals die bijvoorbeeld plaatsvinden voorafgaand aan politieke verkiezingen laten vaak een verandering in steun aan opinies zien: de steun voor een of meerdere opinies neemt bijvoorbeeld toe ten koste van de steun aan alternatieve opinies, of de opinie die de meerderheid heeft is bij een volgende peiling vervangen door een andere opinie. Opiniedynamica beoogt door het construeren van wiskundige modellen inzicht te krijgen in het gedrag van steun aan opinies in de loop van de tijd, en met behulp van deze modellen voorspellingen te kunnen doen over dit gedrag.

In dit proefschrift worden twee modellen voor opiniedynamica onderzocht, waarbij het aantal opinies wordt beperkt tot twee, hier aangegeven met  $A$  en  $B$ . Hierbij kan gedacht worden aan de onderverdeling tussen 'links' en 'rechts' voor politieke partijen die onderling in opvattingen verschillen maar die ieder afzonderlijk in een van deze beide kampen onder te brengen zijn, of aan de onderverdeling van het politieke spectrum in de Verenigde Staten in republikeinen en democraten. In beide modellen worden de opiniedragers herhaaldelijk verdeeld in groepen, en afhankelijk van het type opiniedrager dat een groepslid is zal hij of zij wel of niet van opinie veranderen. In hoofdstuk 2 wordt voor de grootte van de groep 3 genomen (de kleinste groepsgrootte waarin voor twee opinies een meerderheid kan optreden); in hoofdstuk 3 worden eerst groepsgrootten 1 en 2 bestudeerd ter inleiding op het interessantere geval van groepsgrootte 3.

In hoofdstuk 2 wordt verondersteld dat voor beide opinies de aanhangers zijn onder te verdelen in zgn. *onbuigzamen* (of onwrikbaren; in het Engels *inflexibles* genoemd) en *zwevers* (floaters in het Engels). Een onbuigzame aanhanger van een opinie is iemand die onder alle omstandigheden bij deze opinie blijft en nooit van opinie zal veranderen. Een zwever daarentegen zal van opinie veranderen wanneer deze opinie de minderheid heeft in de groep waarin de zwever zich bevindt, en volgens het principe van de zgn. *locale meerderheidsregel* een zwever worden die de opinie ondersteunt die de meerderheid heeft in de groep. In hoofdstuk 3 wordt m. b. t. een zwever onderscheid gemaakt tussen een *tegendraadse zwever* (contrarian floater) en een *niet-tegendraadse zwever* (non-contrarian floater; in feite zijn de zwevers in hoofdstuk 2 allen niet-tegendraadse zwevers). Een tegendraadse zwever zal na het toepassen van de locale meerderheidsregel in de groep waarin deze zwever zich bevindt van opinie veranderen en een zwever voor de alternatieve opinie worden; de niet-tegendraadse zwever behoudt de opinie die na het toepassen van de locale meerderheidsregel is aangenomen. (In geval van groeps grootte 2 in hoofdstuk 3 wordt er neutraliteit aangenomen en behoudt een niet-tegendraadse zwever zijn of haar opinie; een tegendraadse zwever verandert wel van opinie.) Dit tegendraads gedrag van zwevende opiniedragers modelleert een houding die bijv. voorkomt bij individualistische adolescenten, i.h.b. in een omgeving waaraan hardnekkig wordt vastgehouden aan bepaalde opvattingen, bij verzet tegen de opinie met de meerderheid, of bij individuen die zich conformeren met de minderheid. Tegendraads gedrag van zwevers werd geïntroduceerd als mogelijke verklaring voor het kleine verschil in stemmen uitgebracht aan de twee kandidaten G. W. Bush en A. Gore tijdens de presidentsverkiezingen in de VS van 2000 (en heeft waarschijnlijk ook een rol gespeeld bij de presidentsverkiezingen in 2020).

Na toepassing van de locale meerderheidsregel gevolgd door de verandering van opinie door de tegendraadse zwevers (indien aanwezig) worden de opiniedragers opnieuw verdeeld over groepen (van steeds dezelfde grootte), waarna de opiniedragers in iedere groep opnieuw hun opinie bepalen. Voor de groepsvorming wordt steeds aangenomen dat iedereen in de gemeenschap een opinie heeft en dat de gemeenschap voldoende groot is, zodat het voorkomen van een bepaalde groepssamenstelling kan worden afgeleid uit de dichtheden van de onbuigzamen en (tegendraadse en niet-tegendraadse) zwevers in de gemeenschap. Na verloop van tijd zal in het algemeen een van beide opinies de meerderheid krijgen, maar welke dit is zal afhankelijk zijn van de dichtheden van onbuigzamen en zwevers in de gemeenschap en mogelijk van de beginsituatie.

In hoofdstuk 2 wordt aangetoond dat in afwezigheid van onbuigzamen voor beide opinies de opinie die aanvankelijk de meerderheid heeft deze meerderheid zal vergroten en de hele gemeenschap zal overnemen. Als er slechts van één van de twee opinies, zeg opinie A, onbuigzamen in de gemeenschap aanwezig zijn

met een aandeel in de totale gemeenschap dat lager is dan (ongeveer) 17%, dan hangt het van de samenstelling van de beginsituatie af welke opinie uiteindelijk de meerderheid krijgt: bij een voldoende grote aanvangsdichtheid van opinie *B* zal deze opinie de meerderheid bereiken en behouden, maar als opinie *A* bij aanvang in voldoende grote dichtheid aanwezig is zal *A* de gemeenschap volledig overnemen. Bij een aandeel van onbuigzamen voor *A* van minstens 17% zal opinie *B* altijd uit de gemeenschap verdwijnen (onafhankelijk van de beginsituatie).

Als het aandeel onbuigzamen voor opinie *A* groter is dan voor opinie *B* maar met een voldoende klein verschil tussen deze dichtheden dan zijn er twee coalities van beide opinies mogelijk: een coalitie waarin opinie *B* de meerderheid heeft en de andere waarin opinie *A* de meerderheid heeft, en het hangt weer van de beginconditie af welke opinie uiteindelijk de meerderheid zal krijgen. Als het verschil tussen dichtheden voldoende groot wordt in het voordeel van opinie *A* dan is er één enkele coalitie mogelijk waarin opinie *A* de meerderheid heeft. In het algemeen is de opinie die gesteund wordt door de grootste dichtheid aan onbuigzamen in het voordeel om uiteindelijk de meerderheid te bereiken in de gemeenschap.

In de opinie dynamica voor onbuigzamen en (niet-tegendraadse) zwevers worden de uiteindelijke dichtheden zgn. *monotoon* bereikt, waarbij een dichtheid van een opinie óf altijd kleiner óf altijd groter is dan de uiteindelijke dichtheid. Als er ook tegendraadse zwevers in de gemeenschap aanwezig zijn (hoofdstuk 3) is er naast *monotoon* gedrag ook *alternerend* gedrag mogelijk, waarbij beide opinies dichtheden aannemen die afwisselend kleiner en groter zijn dan de dichtheden die uiteindelijk in coalitie bereikt worden. Dit alternerende gedrag treedt bijvoorbeeld op als er voor beide opinies relatief lage dichtheden aan onbuigzamen aanwezig zijn en daarentegen hoge fracties tegendraadsen onder de zwevers. Als de uiteindelijke opinieverdeling zodanig is dat beide opinies met dichtheden van ongeveer 0.5 aanwezig zijn, kan zo'n scenario er toe leiden dat beide opinies op den duur nauwelijks in dichtheid van elkaar verschillen maar wel afwisselend de meerderheid hebben. Het exacte moment van verkiezing kan dan bepalend zijn welke opinie met nipte meerderheid wint. In het algemeen zal een toename in de fractie tegendraadsen onder de zwevers van een opinie tot een afname van de dichtheid van die opinie leiden in de coalitie die uiteindelijk bereikt wordt. Een opinie die in coalitie de meerderheid heeft kan deze dus behouden door de fractie tegendraadsen onder de zwevers beperkt te houden.

#### ADAPTIEVE DYNAMICA

In het deel over adaptieve dynamica verschuift de focus van dichtheden van strategieën naar het voorkomen van strategieën op de evolutionaire tijdschaal. In deze context wordt een strategie een fenotypisch kenmerk genoemd. Een

fenotypisch kenmerk is een eigenschap van organismen, zoals lichaamsgewicht, voedselkeuze, of een bepaalde vorm van gedrag. We beperken ons hier tot een strategie die middels een getalswaarde kan worden uitgedrukt. Dat zou bijvoorbeeld lichaamsgewicht kunnen zijn, of de maximale afstand waarover roofdieren een prooi kunnen ruiken. We zijn hier dus niet zozeer geïnteresseerd met welke dichtheden bepaalde waarden van een fenotypisch kenmerk in een gemeenschap voorkomen, maar welke waarden van dat kenmerk voorkomen en hoe veranderingen in die waarden wiskundig beschreven kunnen worden.

Om dit probleem te kunnen bestuderen worden er een aantal aannamen gedaan. We beschouwen een gemeenschap van populaties waarbij ieder individu aanwezig in een populatie dezelfde waarde heeft voor een niet nader gespecificeerd fenotypisch kenmerk, en waar de kenmerkwaarden tussen individuen van verschillende populaties van elkaar verschillen. De individuen in de gemeenschap zijn met elkaar in voortdurende competitie (bijvoorbeeld om voedsel of leefruimte), en de verschillende kenmerkwaarden bepalen de onderlinge competitieve sterkte. Er is dus competitie zowel tussen individuen binnen een populatie als tussen individuen van verschillende populaties. Na verloop van tijd zal de gemeenschap van populatie een stabiele modus van samenleven bereiken waarin de dichtheden van de populaties als gevolg van competitie mogelijk fluctueren in de tijd, maar waarin geen van de populaties zal uitsterven omdat sterfte van individuen binnen ieder van de populaties voldoende wordt gecompenseerd door geboorten. De populaties in deze stabiele modus worden de residente populaties genoemd, en de stabiele modus kan worden gerepresenteerd door de fenotypische kenmerkwaarden van deze residente populaties.

Als er ten gevolge van een mutatie in een van de residente populaties in stabiele modus een mutante populatie wordt voortgebracht, d.w.z. een populatie die in de waarde van het fenotypische kenmerk een geringe afwijking vertoont t.o.v. de moederpopulatie, dan kan met de gemeenschap van residente populaties en de mutante populatie als gevolg van competitie het volgende gebeuren:

- de mutante populatie redt het niet in competitie en zal verdwijnen, en de residente gemeenschap zal haar bestaan in stabiele modus voortzetten;
- de moederpopulatie zal als gevolg van competitie uitsterven omdat de individuen van de mutante populatie een iets betere competitieve sterkte hebben dan de individuen uit de moederpopulatie, en er wordt een nieuwe stabiele modus van samenleven bereikt door de overgebleven residente populaties en de mutante populatie;
- als gevolg van competitie zullen er meerdere populaties uit de gemeenschap uitsterven, en de populaties die overblijven komen uiteindelijk terecht in een nieuwe stabiele modus;

- de competitieve sterkte van de individuen in de mutante populatie is zodanig dat er een nieuwe stabiel modus van samenleven wordt bereikt van alle residente populaties met de mutante populatie.

Ter verduidelijking van het bovenstaande wordt hier opgemerkt dat het verschijnen van een mutante populatie met een kenmerkwaarde die de populatie in staat stelt om toe te nemen in dichtheid in competitie met de residente populaties relatief zeldzaam is. Het is daarom redelijk aan te nemen dat er slechts één mutante populatie door de residente populaties wordt voortgebracht, en dat de residente populaties als dit gebeurt inmiddels hun stabiele modus van samenleven hebben bereikt. De kenmerkende tijdsduur die populaties nodig hebben om een stabiele modus te bereiken bepaalt de gemeenschapsdynamische tijdschaal, en de kenmerkende tijdsduur die verloopt tussen het opeenvolgend verschijnen van mutante populaties die in dichtheden toenemen en in competitie gaan met residente populaties bepaalt de evolutionaire tijdschaal.

Voor de hierboven beschreven vier scenario's die mogelijk zijn na het verschijnen van een mutante populatie kan de uitkomst uitgedrukt worden door middel van de fenotypische kenmerken die aanwezig zijn in de uiteindelijk bereikte stabiele modus:

- in het eerste scenario zal er niets veranderen;
- in het tweede scenario wordt het kenmerk van de moederpopulatie vervangen door het kenmerk van de mutante populatie: er is sprake van een zgn. *kenmerksubstitutie*;
- het derde scenario zorgt voor een afname in het aantal kenmerken;
- het laatste scenario zorgt voor een toename in het aantal kenmerken met 1.

Wiskundig kan worden aangetoond dat het tweede scenario, waarbij een kenmerksubstitutie optreedt, de gebruikelijk gang van zaken is ten gevolge van het verschijnen van een mutante populatie in een residente gemeenschap. Als de kenmerkwaarden aanwezig in opeenvolgende stabiele modi worden uitgezet tegen de evolutionaire tijdschaal ontstaan er patronen die op bomen lijken: takken groeien als gevolg van kenmerksubstituties, en worden geknot bij afname in het aantal kenmerkwaarden, en vertakken als gevolg van een toename in het aantal kenmerkwaarden. (Zie hiervoor Figuur 1.1.)

In hoofdstuk 4, het eerste hoofdstuk in het deel over adaptieve dynamica, wordt de stabiele modus van samenleven van populaties wiskundig gedefinieerd. De wiskundige term die uitdrukking geeft aan deze modus is 'ep-chain attractor'. Een ep-chain attractor is een aanpassing van het chain-attractorbegrip van Ruelle voor een ecologische gemeenschapsdynamica, en heeft de eigenschappen die er op grond van ecologische processen redelijkerwijs aan gesteld mogen worden. In het bijzonder laat een ep-chain attractor niet toe dat een populatie die op de gemeenschapsdynamische tijdschaal uitsterft op deze tijdschaal weer

verschijnt en toeneemt in dichtheid. (Op de evolutionaire tijdschaal is dit echter wel mogelijk, als tenminste de juiste mutatie optreedt.)

In hoofdstuk 5 wordt voor een specifieke klasse van gemeenschapsdynamica (de klasse van Lotka-Volterra modellen) de zgn. *invasiefitness* voor een fenotypische kenmerkwaarde van een mutante populatie die verschijnt in een residente gemeenschap (in een ep-chain attractor) bepaald. Een positieve invasiefitness duidt op een toename in dichtheid van de mutante populatie (preciezer gezegd: op een positieve kans op toename van dichtheid), en een niet-positieve dichtheid duidt op het uitblijven van deze toename. Voor een mutante populatie die verschijnt in een enkele residente populatie worden de hierboven beschreven evolutionaire scenarios kenmerksubstitutie en vertakken (voor knotten zijn er minstens twee residente populatie nodig) geanalyseerd met behulp van de invasiefitness. Voor het geval dat de mutante populatie verschijnt in een residente gemeenschap met meerdere populaties worden noodzakelijke voorwaarden voor coexistentie van de mutante populatie met de residente populaties geformuleerd in termen van de invasiefitness.