

# The evolution of knowledge systems

## Citation for published version (APA):

Lafond, F. D. (2014). *The evolution of knowledge systems*. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20141017fl>

## Document status and date:

Published: 01/01/2014

## DOI:

[10.26481/dis.20141017fl](https://doi.org/10.26481/dis.20141017fl)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Summary

The creation and allocation of economic wealth ultimately relies on the creation and diffusion of knowledge. As a result, understanding the dynamics, organization and viability of economies requires in-depth analysis of knowledge systems. This thesis proposes to study knowledge systems as self-organizing two-mode networks. Two-mode networks have two types of nodes, and the links are only between nodes of different types. These are self-organizing in the sense that simple rules of evolution lead to a rich but patterned dynamics. The thesis builds on the literature on social (agent-agent) and epistemic (idea-idea) networks to study socio-epistemic co-evolution (agent-idea networks).

It is found that: (i) stable power law distributions of ideas' popularity naturally emerge from innovation and face-to-face diffusion; (ii) this dynamic is compatible with the observed (shifted) power law distribution of citations, and (iii) the generalized beta size-rank relation observed for patent classes can be explained by a slowdown in the growth of the number of classes. A general lesson from this work is that knowledge systems often exhibit non-equilibrium and non-linear dynamics, which may cast doubts on their long term viability.

The thesis starts with a general introduction (chapter 1) followed by a review of the literature on knowledge and development (chapter 2) explaining why the study of self-organizing knowledge systems should be a core topic of economics. Next, an overview of growing one-mode and two-mode network models is given (chapter 3), together with some original results. The three main chapters follow.

Chapter 4 presents a model of creation and diffusion of ideas in a social network. Agents learn random ideas of random friends, creating a self-reinforcing dynamic in ideas' diffusion. However, this exponential diffusion is constrained since population is bounded, leading to a logistic diffusion curve. At the steady-state, the distribution of ideas' popularity (the number of agents knowing an idea) is a specific Generalized Hypergeometric Distribution, which tends to the well-known Yule-Simon distribution as the population size goes to infinity. A mean-field self-consistency equation for the partition factor of the attachment kernel highlights that a stable self-organization takes place because the "overlap" among agents' ideas sets,

determining and determined by which ideas diffuse, reaches a stable state.

Chapter 5 uses the results of chapter 4 to explain the structure of citation networks. In chapter 5, it is assumed that, when new ideas (papers) appear, they cite random ideas previously known by the inventor. In contrast to existing models, which explain the exponent of power law citation distributions by the relative prevalence of bibliographic and random search (reading papers cited by other papers, or found at random), the model shows that limited attention and face-to-face diffusion can also explain the observed patterns.

Chapter 6 studies the size of patent categories. The size-distribution of US patent *subclasses* is well fitted by a (shifted) power law. However, at the level of patent classes, Zipf's law is clearly violated, and the size-rank relationship is well fitted by a generalized beta distribution. To explain this pattern, a nonlinear modification of the Yule-Simon-Naranan principle is proposed. While according to the latter, both individual categories and the number of categories grow exponentially, here it is assumed that the number of categories follows an asymmetric logistic (Richards) curve.

# Samenvatting

De creatie en verdeling van economische welvaart berust uiteindelijk op de ontwikkeling en verspreiding van kennis. Als gevolg hiervan vereist het begrijpen van de dynamiek, de organisatie en de levensvatbaarheid van de economie een grondige analyse van kennissystemen. Dit proefschrift stelt voor om kennissystemen te bestuderen als zelforganiserende two-mode netwerken. Two mode-netwerken hebben twee soorten knooppunten, en de verbindingen zijn alleen tussen knooppunten van verschillende types. Deze zijn zelforganiserend in de zin dat eenvoudige regels van de evolutie leiden tot een rijke, maar gevormde dynamiek. Het proefschrift bouwt voort op de literatuur over sociale (agent-agent) en epistemische (idee-idee) netwerken om sociaal-epistemische co-evolutie te bestuderen door agent-idee netwerken.

Het blijkt dat: (i) stabiele kracht wet-verdelingen van de populariteit van ideeën van nature ontstaat van innovatie en face-to-face diffusie; (ii) deze dynamiek is compatibel met de waargenomen (vershoven) krachtwet van citaties, en (iii) de veralgemeende beta grootte-rank relatie waargenomen voor octrooi-klassen kan worden verklaard door een vertraging in de groei van het aantal klassen. Een algemene les van dit werk is dat kennissystemen vaak dynamica die niet in evenwicht is en niet-lineaire dynamica vertonen, die twijfels kunnen veroorzaken over hun levensvatbaarheid op lange termijn.

Het proefschrift begint met een algemene inleiding (hoofdstuk 1), gevolgd door een overzicht van de literatuur over de kennis en ontwikkeling (hoofdstuk 2) waarin wordt uitgelegd waarom de studie van zelforganiserende kennissystemen een kernonderwerp van de economie zou moeten zijn. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van groeiende one-mode en two-mode netwerkmodellen (hoofdstuk 3), samen met enkele originele resultaten. De drie belangrijkste hoofdstukken volgen.

Hoofdstuk 4 presenteert een model van ontwikkeling en verspreiding van ideeën in een sociaal netwerk. Agenten leren willekeurige ideeën van willekeurige vrienden, daarbij een zichzelf versterkende dynamiek in de diffusie van ideeën creërend. Maar deze exponentile diffusie is beperkt aangezien de bevolking begrensd is, wat leidt tot een logistische diffusie-curve. Bij de steady-state, is de verdeling van de populariteit van ideeën (het aantal agenten dat een idee kent) een specifieke gegeneraliseerde hy-

pergeometrische verdeling, die de neiging heeft naar de bekende Yule-Simon verdeling wanneer de grootte van de populatie naar oneindig gaat. Een gemiddelde veld zelf-consistentie vergelijking voor de partitie-factor van de bijlage-kernel benadrukt dat een stabiele zelforganisatie plaatsvindt omdat de “ overlap ’tussen de agenten’ ideen-sets, bepalend en bepaald door welk ideen verspreiden, een stabiele toestand bereikt .

Hoofdstuk 5 gebruikt de resultaten van hoofdstuk 4 om de structuur van citatienetwerken te verklaren. In hoofdstuk 5 wordt ook aangenomen dat, wanneer nieuwe ideen (papers) verschijnen, ze willekeurige ideen citeren die eerder bekend waren bij de uitvinder. In tegenstelling tot de bestaande modellen, die de exponent van de machtsfunctie citaat-distributies verklaren door de relatieve prevalentie van bibliografische (lezen van door andere papers geciteerde papers) en willekeurige zoekopdrachten, toont het model dat de beperkte aandacht en face-to-face diffusie ook de waargenomen patronen kan verklaren.

Hoofdstuk 6 onderzoekt de omvang van octrooi-categorien. De grootte-verdeling van de Amerikaanse octrooi-subklassen is goed uitgerust met een (verschoven) machtsfunctie. Echter, op het niveau van de Amerikaanse octrooi-classes wordt de Zipf-wet duidelijk overtreden en de afmeting-rank relatie is goed uitgerust door een gegeneraliseerde beta-verdeling. Om dit patroon te verklaren, wordt een niet-lineaire aanpassing van het Yule-Simon-Naranan principe voorgesteld. Terwijl volgens laatstgenoemde zowel individuele categorien als het aantal categorien exponentieel groeit, wordt hier aangenomen dat het aantal categorien een asymmetrische logistische (Richards)-curve volgt.