



Universiteit
Leiden
The Netherlands

On metrics and models for multiplex networks

Gemmetto, V.

Citation

Gemmetto, V. (2018, January 16). *On metrics and models for multiplex networks*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/61132>

Version: Not Applicable (or Unknown)

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/61132>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The following handle holds various files of this Leiden University dissertation:

<http://hdl.handle.net/1887/61132>

Author: Gemmetto, V.

Title: On metrics and models for multiplex networks

Issue Date: 2018-01-16

Samenvatting

Allerlei realistische collecties van gegevens kunnen weergegeven worden door *multiplex netwerken* (ook bekend als meerlaagse netwerken of multigrafen): superposities van netwerken die elk op een andere manier de verbindingen tussen knooppunten leggen.

De betrouwbaarheid van zulke weergaves kan worden aangetast door ruis en willekeurigheid, terwijl toch de behoefte bestaat aan het extraheren van zinvolle informatie uit deze - soms enorme - verzamelingen van gegevens. Aan deze behoefte wordt voldaan door de introductie van nulmodellen, ofwel: referentiemodellen, waarmee de waargenomen netwerken vergeleken kunnen worden. We breiden het idee van nulmodellen als kanonieke ensembles van netwerken met bepaalde randvoorwaarden uit naar het multiplex geval en presenteren nieuwe meettechnieken waarmee we gelaagde systemen kunnen karakteriseren op basis van de correlatiepatronen. We maken uitgebreid gebruik van het *maximale-entropie principe* om analytische uitdrukkingen voor de verwachtingswaarden van verschillende grootheden met betrekking tot de topologie van het netwerk te vinden; bovendien gebruiken we de *maximum-likelihood methode* om de modellen zo goed mogelijk de realistische gegevens te laten weergeven.

We behandelen eerst *ongerichte* multiplex netwerken. We introduceren nieuwe maten voor de correlaties tussen de lagen van een multigraaf, zowel voor binaire (ongewogen) als gewogen netwerken. Verder wijzen we op het belang van het gebruik van nulmodellen om de informatie die is gecodeerd in knooppunt-specifieke eigenschappen te onderscheiden van informatie die gerelateerd is aan hogere orde interacties tussen de elementen waaruit het netwerk bestaat. We maken duidelijk dat het gebruik van homogene willekeurige referentiemodellen kan leiden tot misleidende resultaten; heterogene nulmodellen zijn theoretisch geschikter en in de praktijk redelijker.

Vervolgens verleggen we de aandacht naar *gerichte* multiplex netwerken. We tonen aan dat de uitbreiding van de structuurgrootheden die zijn ontwikkeld voor ongerichte netwerken niet triviaal is, aangezien de gerichtheid van de verbindingen impliceert dat de afhankelijkheden tussen lagen van tweeërlei aard zijn: behalve dat er een tendens is verbindingen in verschillende lagen in dezelfde richting te laten wijzen, vanwege de zogenaamde multiplexiteit, is er ook een complementaire tendens verbindingen in verschillende lagen in tegengestelde richting te laten

wijzen, de zogenaamde *multireciprociteit*.

Verder stellen we een methode voor om gecorreleerde multiplex netwerken te reconstrueren, waarin de topologie uit gedeeltelijke informatie afgeleid wordt. Onze techniek bouwt voort op willekeurige reconstructiemodellen, die met succes een aantal gewenste eigenschappen van enkellaagsnetwerken reproduceren (zoals het gewicht van de verbindingen en/of het aantal burens van de knooppunten). Vervolgens wordt de minimale afhankelijkheidsstructuur geïntroduceerd die nodig is om een extra verzameling van hogere-orde interlaage-eigenschappen te repliceren.

We illustreren dat de maximale-entropie modellen het ook mogelijk maken om de zogenaamde ruggengraat van een netwerk te vinden. We introduceren een grondige methode die, voor elk gewenst niveau van statistische significantie, de subgraaf produceert die niet te reduceren is naar de lokale eigenschappen van de knooppunten van het netwerk. We laten zien dat, in tegenstelling tot eerdere methoden, de exacte maximale-entropie formulering garandeert dat het gefilterde netwerk alleen verbindingen bevat die niet kunnen worden afgeleid van lokale informatie.

In alle eerder genoemde gevallen testen we onze meettechnieken en modellen op verschillende realistische netwerken, met speciale aandacht voor het *World Trade Multiplex*: het netwerk dat de import-export verbindingen weergeeft tussen landen die met elkaar handelen in verschillende producten.

Tenslotte bestuderen we een andere dataset, namelijk het *netwerk van wetenschappelijke publicaties*. We tonen aan dat dit systeem een eenvoudige weergave heeft in termen van een bipartiet netwerk, ofwel een graaf die bestaat uit twee verschillende soorten knooppunten, waarbij er alleen verbindingen zijn tussen knooppunten van verschillend type (in ons geval, artikelen en wetenschappelijke concepten daarin). De toepassing van een *community detection* algoritme stelt ons in staat om conclusies te trekken over specifieke aanpakken van auteurs om hun artikelen te classificeren. Bovendien geven we diepgaander interpretaties van het begrip *gouden standaard*.