

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/67537> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Maulana, A.

Title: Many objective optimization and complex network analysis

Issue Date: 2018-12-05

Samenvatting

Dit proefschrift combineert twee gebieden van de informatica: Complexe netwerken, multicriteria optimization en complexe netwerkanalyse. Enerzijds onderzoekt het methoden uit de analyse van complexe netwerken teneinde conflicten en afhankelijkheden tussen objective functions te begrijpen wanneer er een groot aantal criteria is. Andersom stellen we voor om multicriteria optimization te gebruiken om een aantal problemen in multicriteria optimization te analyseren en op te lossen. Onze methoden vinden toepassingen in het vinden van een goede locatie voor een faciliteit, in de analyse van economische en biologische netwerken, en in epidemiologie.

Veel optimalisatieproblemen bevinden zich in een situatie waar meerdere groepen verschillende belangen hebben. Er is bovendien een dermate groot aantal opties waartussen gekozen moet worden dat zoekalgoritmes nodig zijn om die ruimte te verkennen. Het plannen van een stadsinrichting is een voorbeeld van zo'n situatie: er moeten bijvoorbeeld optimale locaties gevonden worden voor scholen en ziekenhuizen. Idealiter is elke burger tevreden en zijn zowel de economische kosten als de lasten op het milieu minimaal. Als het aantal criteria erg groot is, wordt het voor menselijke beleidsmakers moeilijk om het probleem te begrijpen en te bediscussiëren. Zelfs bestaande optimalisatiealgoritmes hebben moeite met het verwerken van dergelijke problemen met een groot aantal beoordelingscriteria. In dit proefschrift wordt het Community-Detection for Many Objective Optimization (CoDeMo, of Groependetectie voor Optimaliseren van Grote Aantallen van Criteria) ontwikkeld. Voor een probleem met veel beoordelingscriteria vindt het correlaties tussen de doelfuncties. Op basis van de correlatiematrix bouwen we een netwerk waarin we groepen van complementaire criteria identificeren. Zo ontbinden we het probleem in onafhankelijke deelproblemen die we oplossen met state-of-the-art technieken in multicriteria optimization, waarna we de oplossingen weer samenvoegen. CoDeMo is succesvol toegepast op problemen met 30 en met 50 doelcriteria voor het vinden van een goede locatie van een faciliteit, en op de constructie van een bepaald genregulatiernetwerk (een NK-landschap) met 10 doelcriteria.

Een grote uitdaging in de analyse van complexe netwerken is om in multiplex netwerken groepen te detecteren, en om de centraliteit van knopen te bepalen. Een

netwerk is multiplex wanneer een bepaalde verzameling knopen verbonden is met meerdere typen takken. Zo vormen de verschillende takken verschillende lagen in het netwerk. Een voorbeeld is een netwerk waar de knopen landen zijn, en een tak tussen landen hun handel in een bepaald product voorstelt. Het is over het algemeen moeilijker om in multiplex netwerken groepen te detecteren dan in gewone netwerken met maar één type tak, omdat in dit voorbeeld landen die een cluster vormen in één type handel (bijvoorbeeld olie) niet noodzakelijkerwijs ook een cluster vormen in een ander type handel (bijvoorbeeld koffie). Zo kan het voorkomen dat een land dat centraal ligt in de oliehandel niet centraal ligt in de koffiehandel.

In dit proefschrift is de nieuwe tool nieuwe Pareto Front Modularity for Multiplex Networks (PaMoPlex) ontwikkeld om in multiplex netwerken groepen te detecteren en vast te stellen in hoeverre groepen in verschillende lagen overlappen of juist verschillen. Hiervoor is multiobjective combinatorial optimization een essentieel ingrediënt. Het geeft ons namelijk een matrix van Pareto fronts die we kunnen gebruiken om de knopen in het netwerk in groepen in te delen op basis van in welke lagen ze overeenkomen in hun groepsstructuur. PaMoPlex vertelt ook hoeveel onafhankelijkheid en conflict er is tussen de gevonden groepen. Een soortgelijke aanpak is gebruikt om de centraliteit van knopen te bepalen. Bestaande opsommingsalgoritmes kunnen daarna een lijst maken van alle Pareto-optimale oplossingen. We passen PaMoPlex toe op het netwerk van wereldhandel in elf goederen, en vinden dat er slechts zeven Pareto-optimale landen zijn, waarvan er destijds vijf in de G8 zaten.

Als laatste onderzoeken we het probleem van immunisatie in een complex netwerk. Dit probleem heeft recentelijk veel aandacht verdiend vanwege het verhoogde risico op een epidemie in een globaliserende wereld. De Ebola- en Zikauitbraken zijn twee voorbeelden, maar soortgelijke verspreiding doet zich voor bij computervirussen. Het immunisatieprobleem is om het netwerk zo aan te passen dat de verspreiding van het virus wordt voorkomen of afgeremd met minimale kosten. Het idee is om een bepaalde verzameling van de knopen in het netwerk in quarantaine te stellen. Het aantal mogelijke keuzes is echter erg groot en het optimalisatieprobleem, bekend als het subset selection problem, is NP-Hard, dus voor goede oplossingen zijn heuristische zoekmethoden nodig. We ontwikkelen hiervoor een genetisch algoritme dat het probleem in sommige gevallen beter oplost dan het state-of-the-art Netshield Plus algoritme, dat gebaseerd is op het "gretig"verwijderen van knopen. We stellen ook voor om met twee doelcriteria te werken, namelijk de kosten en de baten van de immunisatiestrategie, om zo alle Pareto-

optimale strategieën te vinden. Deze methode is geëvalueerd op het vliegverkeer in de VS, het bordspel Pandemic, en benchmarks uit de literatuur.

