

Promotie

In dit proefschrift wordt een aantal onderwerpen in de algoritmische speltheorie onderzocht met een gemeenschappelijk overkoepelend thema: samenwerking en externaliteiten tussen de verschillende betrokken partijen in een strategische situatie, ofwel tussen de spelers van een spel. Het proefschrift is theoretisch en analytisch van aard. Alle modellen en resultaten zijn echter vanuit de praktijk gemotiveerd en hebben directe betrekking op verschillende realistische scenario's.

Algoritmische speltheorie is een veld dat in de doorsnede van economie, wetenschap en informatica ligt. Dit onderzoeksgebied wordt steeds belangrijker door de steeds groter wordende rol van computers in commercie en economie. Het gebied houdt zich bijvoorbeeld bezig met hoe de verschillende uitkomsten van een spel op een efficiënte manier door een computer gevonden kunnen worden.

Een klassieke aanname in speltheorie is dat alle betrokken spelers onafhankelijk van anderen opereren, en volledig rationeel en egoïstisch zijn. Dit leidt ertoe dat de spelers strategieën adopteren zonder met elkaar te coördineren, en wel op een manier die enkel hun eigen welvaart zo hoog mogelijk maakt. Er bestaan echter belangrijke scenario's waarin deze aanname onrealistisch is, en in dit proefschrift wordt onderzocht wat de impact is van verschillende vormen van 'met-anderen-rekeninghoudend'-gedrag. Dit wordt gedaan voor verschillende belangrijke klassen van spellen. Ten eerste voor verschillende soorten veilingen: multi-unit-veilingen, inkoopveilingen, GSP-veilingen (dat is het soort veiling dat ten grondslag ligt aan bijvoorbeeld het advertentiesysteem van Google). Ten tweede voor verschillende soorten congestiespellen, die verkeersnetwerken modelleren, alsmede computernetwerken en datanetwerken. Ten derde voor *scheduling*-spellen, die scheduling-situaties modelleren waarbij meerdere spelers ieder een taak uit moeten voeren op een beperkte verzameling machines. De resultaten in het proefschrift zijn uiteenlopend. Een aantal conceptueel interessante bevindingen springen eruit. Om die in te zien is eerst enige uitleg nodig over speltheorie. Een centraal begrip in de speltheorie is het Nash-evenwicht. Dit is een uitkomst van een spel die zodanig is dat niemand van strategie kan veranderen om daarmee zijn welvaart te verbeteren. Gerelateerd aan het concept van het Nash-evenwicht, is de *price of anarchy*, ofwel de coördinatie van een spel. De analyse van de coördinatie van verschillende soorten spellen vormt een heel belangrijk thema in dit proefschrift. De coördinatie van een spel is gedefinieerd relatief ten opzichte van een sociale-welvaartsfunctie. Deze fungeert als een kwaliteitsfunctie die een getal toewijst aan elke mogelijke



BART DE KEIJZER

Postdoctoraal onderzoeker aan de Sapienza
Universiteit van Rome

uitkomst van een spel, die de kwaliteit van de uitkomst reflecteert. De coördinatie van een spel, gegeven een sociale-welvaartsfunctie, is de factor waarmee de sociale welvaart van een Nash-evenwicht van een spel lager is dan de optimale sociale welvaart. Een belangrijk voorbeeld van een sociale-welvaartsfunctie is de utilitaire sociale welvaart, gegeven door de som van de individuele welvaart van alle spelers. Het is bijvoorbeeld uit eerder onderzoek bekend dat de coördinatie 2,5 is voor de bovengenoemde klasse congestiespellen, voor utilitaire sociale welvaart. Dat betekent dat, gegeven een congestiespel, de totale welvaart van de spelers in een Nash-evenwicht

ten hoogste 2,5 keer zo slecht is als de hoogst haalbare totale welvaart. De coördinatie geeft een garantie over de kwaliteit van de Nash-evenwichten van een spel.

In het proefschrift worden boven- en ondergrenzen op de coördinatie afgeleid voor verschillende klassen spellen, zowel onder klassieke aannames als onder alternatieve aannames over het gedrag van de spelers. Een van zulke alternatieve aannames is altruïstisch gedrag. Een verrassende observatie is dat altruïstisch gedrag slecht is voor de coördinatie in een aantal belangrijke klassen van spellen. Dit geldt al onder een zeer eenvoudig model van altruïsme. Voorbeeld: in congestiespellen gaat de coördinatie omhoog van 2,5 naar 3, naarmate de spelers zich altruïstischer gaan gedragen. Deze verslechtering van de coördinatie kan extreme vormen aannemen, en treedt al op in een heel eenvoudige klasse van netwerkformatiespellen waarin de coördinatie oneindig hoog wordt naarmate het altruïsme toeneemt.

Dit verslechtingsfenomeen blijkt op te treden in bijna alle klassen van spellen die in het proefschrift onderzocht zijn. Een intuïtieve verklaring voor het fenomeen is dat de spelers meer uitkomsten als 'stabiel' zien wanneer ze altruïstischer worden: een altruïstische speler wisselt minder snel van strategie omdat hij er andere spelers mee schaadt wanneer hij dat doet, ondanks dat zijn eigen welvaart ermee omhoog zou kunnen gaan. Met toenemend altruïsme vergroot de verzameling Nash-evenwichten ('stabiele' uitkomsten) van het spel, en ontstaan er dus ook minder goede Nash-evenwichten, die ervoor zorgen dat de coördinatie slechter wordt. Een beleidsmatige les van het proefschrift is dat het niet altijd goed is voor het functioneren van een systeem om mensen te prikkelen om sociaal en altruïstisch te handelen. Onderzoek naar een formele verklaring en een karakterisering van het fenomeen loopt nog.

Keijzer, B. de (2014) *Externalities and cooperation in algorithmic game theory*. Proefschrift. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam, CWI.