



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Quantifiers in TIME and SPACE : computational complexity of generalized quantifiers in natural language

Szymanik, J.K.

Publication date
2009

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Szymanik, J. K. (2009). *Quantifiers in TIME and SPACE : computational complexity of generalized quantifiers in natural language*. Institute for Logic, Language and Computation.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Samenvatting

In deze dissertatie bestuderen we de complexiteit van gegeneraliseerde kwantoren in de natuurlijke taal. We doen dit vanuit een interdisciplinair perspectief: we combineren filosofische inzichten met theoretische informatica, experimentele cognitiewetenschap en met theorieën uit de linguïstiek.

In het hoofdstuk 1 beargumenteren we dat een deel van de betekenis van een zin - de zogenaamde referentiële betekenis (*model-checking*) - beschreven moet worden met algoritmen. We bespreken ook de inbreng van complexiteitstheorie voor de analyse van cognitieve taken. We beargumenteren dat alleen die problemen die berekend kunnen worden in polynomiale tijd, cognitief bruikbaar *cognitively tractable* zijn. Ook verdedigen we dat semantische theorieën van de alledaagse natuurlijke taal geformuleerd kunnen worden in het existentiële fragment van de tweede-orde logica.

Hoofdstuk 2 bevat een overzicht van de basisnoties van de theorie van gegeneraliseerde kwantoren, berekenbaarheids-theorie, en van de beschrijvende complexiteitstheorie.

We beargumenteren in het hoofdstuk 3 dat PTIME kwantoren gesloten zijn onder iteratie (*iteration*), cumulatie (*cumulation*) en resumptie (*resumption*). Vervolgens bespreken we de NP-volledigheid van vertakkende kwantoren (*branching quantifiers*). We laten zien dat sommige Ramsey-kwantoren NP-volledige klassen van eindige modellen definiëren, terwijl andere alleen PTIME klassen definiëren. We geven ook een voorwaarde voor een Ramsey kwantor om berekenbaar te zijn in polynomiale tijd. We beëindigen het hoofdstuk met een vraag betreffende het verschil in de complexiteit van verschillende Ramsey kwantoren.

Het hoofdstuk 4 bevat een onderzoek naar de rekenkundige complexiteit van *polyadic lifts* die verschillende lezingen uitdrukken van wederkerige zinnen (*reciprocal sentences*) met gekwantificeerde antecedenten. We laten een dichotomie zien tussen deze twee lezingen. De sterke wederkerige lezing kan namelijk NP-complete constructies creëren, terwijl de zwakke, bemiddeld wederkerige lezingen dit niet kunnen. We beargumenteren dat dit verschil verdisconteerd moet worden

in de bekende 'Strong Meaning Hypothesis' (Sterke Betekenis Hypothese).

De definieerbaarheid en de complexiteit van de *type-shifting approach* van collectieve kwantificatie in de natuurlijke taal staat centraal in het hoofdstuk 5. We laten zien dat onder redelijke aannamen over de complexiteit, de kwantificatie niet algemeen genoeg is om de semantiek van alle collectieve kwantoren in de natuurlijke taal te omvatten. De *type-shifting approach* kan de tweede-orde logica niet overschrijden, terwijl sommige collectieve kwantoren kunnen niet in de tweede-orde logica worden uitgedrukt.

Vervolgens verdedigen we dat algebraïsche *many-sorted* formalismen die betrekking hebben op collectiviteit (*collectivity*) geschikter zijn dan de *type-shifting* benadering om collectieve kwantificatie in de natuurlijke taal te definiëren. Het kan zo zijn dat sommige collectieve kwantoren niet in de natuurlijke taal aanwezig zijn, omdat ze een te grote complexiteit hebben. Ten slotte introduceren we zogenaamde tweede-orde gegeneraliseerde kwantoren in het onderzoek naar de collectieve semantiek.

Het hoofdstuk 6 handelt over de stelling van Hintikka, welke zegt dat zinnen zoals "de meeste jongens en de meeste meisjes haten elkaar" niet uitgedrukt kunnen worden door lineaire eerste orde formules, en dat vertakte kwantificatie (*branching quantification*) noodzakelijk is. We bespreken verschillende lezingen van zulke zinnen en beargumenteren dat ze de lezing hebben die *wel* uitgedrukt kan worden door lineaire formules, in tegenstelling tot wat Hintikka beweert. We presenteren empirisch bewijs ter ondersteuning van deze theoretische overwegingen.

In het hoofdstuk 7 bespreken we de semantiek van monadische kwantoren in de natuurlijke taal. Deze kan worden uitgedrukt in zogenaamde 'finite-state' en 'push-down' automata. We presenteren en bekritisieren vervolgens het neurologisch onderzoek dat zich baseert op dit model. Bouwend op deze discussie voltrekken we een experiment, dat empirisch bewijs levert dat de voorspellingen van het rekenkundige model bevestigt. We laten zien dat de verschillen in de tijd die een mens nodig heeft om zinnen met monadische kwantoren te begrijpen, consistent is met de verschillen in complexiteit die door het model voorspeld worden.

In het laatste hoofdstuk, 8, bespreken we een paar algemene, open vragen en mogelijke richtingen van verder onderzoek; met name het gebruik van verschillende maten van complexiteit, het betrekken van de speltheorie, et cetera.

Samenvattend; we onderzoeken, vanuit verschillende perspectieven, de gevolgen van het analyseren van betekenis als een algoritme, en het toepassen van complexiteitanalyse van semantische vraagstukken. We hopen dat dit onderzoek de vruchtbaarheid van een abstracte en complexiteitstheoretische benadering van de linguïstiek en cognitiewetenschap laat zien.