



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Predicting the future: Predictive control for astronomical adaptive optics

Kooten M.A.M. van

Citation

Predicting the future: Predictive control for astronomical adaptive optics. (2020, November 4).
Predicting the future: Predictive control for astronomical adaptive optics. Retrieved from
<https://hdl.handle.net/1887/138080>

Version: Publisher's Version

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

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/138080>

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

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/138080> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Kooten, M.A.M. van

Title: Predicting the future: Predictive control for astronomical adaptive optics

Issue Date: 2020-11-04

Samenvatting

Onderzoek naar exoplaneten vordert snel doordat er veel ontwikkelingen zijn in nieuwe technologieën, waarneemtechnieken, en data reductie. In de laatste 30 jaar zijn er duizenden kandidaat exoplaneten ontdekt door middel van verschillende methodes. Deze ontdekkingen hebben een dierenrijk aan planetaire stelsels onthuld die allemaal erg verschillen met ons eigen Zonnestelsel; omlooptijden, massa, en straal kunnen heel erg verschillen tussen de verschillende systemen. Dit proefschrift behandelt twee onderwerpen, beiden gerelateerd aan waarnemingen van exoplanetaire systemen.

Het eerste deel van het proefschrift onderzoekt 8 lichtkrommes (stellaire flux als functie van tijd) uit het Kepler data archief. Deze lichtkrommes vertonen periodieke helderheids fluctuaties die anders zijn dan signalen die op exoplaneten wijzen (deze vertonen typisch een helderheids vermindering). Om te begrijpen wat deze signalen kunnen zijn onderzoeken we twee mogelijke mechanismen: voorwaartse verstrooiing van een optisch dunne stofwolk en getijden interacties van een dubbelstersysteem dat op korte afstand om zich heen draait. Door middel van modelleren en fitten aan data vinden we dat beiden modellen de waargenomen data kunnen verklaren. Om echt te bepalen of de signalen komen door een dubbelstersysteem of een mogelijke stofwolk rondom een ster zijn er radiale snelheidsgegevens nodig.

Het tweede deel van dit proefschrift richt zich op *high-contrast imaging* (HCI), het vakgebied dat zich richt op het ruimtelijk scheiden van sterlicht en licht afkomstig van een exoplaneet. De huidige HCI-instrumenten zijn het gevoeligst voor exoplaneten die ver weg van hun moederster staan. Om de gebieden dichtbij de ster te onderzoeken moet het extreem adaptieve optica (XAO) systeem verbeterd worden. Een XAO systeem probeert *real-time* fase aberraties in het inkomende licht te corrigeren. Er blijft echter enige restfase-verstoring achter in het gecorrigeerde signaal, gedeeltelijk als gevolg van de evoluerende turbulentie gedurende de tijd die de XAO nodig heeft om de fase aberraties te meten en vervolgens te corrigeren (de zogenaamde *servo-lag*). De variantie van het verstorings residue moet uiteindelijk geminimaliseerd worden. De *servo-lag* resulteert typisch in een vlinder patroon dichtbij de ster in het beeldvlak, wat ervoor zorgt dat HCI niet het benodigde contrast haalt om exoplaneten die dichtbij hun moederster staan waar te nemen. Dit proefschrift richt zich op datagedreven voorspellende controle om de *servo-lag* fout te corrigeren.

Door middel van het vergelijken van simulatieresultaten met telescoop waarnemingen onderzoeken we eerst waarom de huidige voorspellende controle inspanningen niet hebben geleid tot de verwachte prestatieverbetering. We onderzoeken specifiek welke effecten er ontbreken in huidige simulaties die de verschillen zouden kunnen verklaren. In alle simulaties uitgevoerd voor XAO controle ontbreekt nietstationair gedrag van atmosferische turbulentie, wat een belangrijke bron is van fase-aberraties. In simulaties waarin de turbulentie in de tijd varieert, veroorzaakt door

een variërende windsnelheid, laten we zien dat de prestaties van een XAO-systeem minder worden. Voor een standaard integrale controller beïnvloeden windfluctuaties van minder dan een seconde het contrast met minder dan 5%. Veranderingen in windsnelheid op langere tijdschalen leiden echter tot een veel groter contrastverlies dan theoretisch voorspeld. Een lineaire datagestuurde voorspeller zal daarom ook minder goed werken, in vergelijking met de optimale implementatie, vanwege het onvermogen om de variërende statistiek te volgen. Met dit inzicht van hoe voorspellende controle presteert in simulatie onder tijdsafhankelijke omstandigheden, passen we een lineaire datagestuurde voorspeller toe op VLT / SPHERE XAO-telemetrie. We vinden dat, voor de 27 verschillende onderzochte observatieomstandigheden, de voorspellende controle XAO-correctie betrouwbaarder en consistent is. De optische turbulentie, zoals waargenomen door VLT / SPHERE, lijkt echter tijdinvariant te zijn. We vinden ook dat als we de voorspeller tijdelijk gecorreleerde data in plaats van ruimtelijk gecorreleerde data verstrekken dat de kwaliteit beter wordt.

Aangezien op dit moment HCI-systemen worden gebouwd voor de volgende generatie grote telescopen, is het noodzakelijk om de relatie tussen atmosferische turbulentie, voorspellende controle en contrast volledig te begrijpen. Het is noodzakelijk om eerst de belangrijkste verschillen in kwaliteit van lineaire voorspelling op verschillende observatoriumlocaties te begrijpen. Dit vereist een goed begrip van de telescopen, hun instrumenten en de volledige implementatie van hun controllers, evenals de atmosfeer boven de observatoria. Op bepaalde locaties kunnen verschillende voorspellende controleschema's beter geschikt zijn vanwege het statistische gedrag van de atmosfeer, telescooptrillingen, etc. Aangezien het ruwe contrast de kritische prestatie-index is voor HCI, is het bepalen of voorspellende controle kan worden gebruikt om direct het ruwe contrast te optimaliseren een interessante onderzoeksrichting. Een andere cruciale stap om verdere ontwikkeling van XAO-controle mogelijk te maken is het beschikken over flexibele instrumenten en telescoopfaciliteiten om nieuwe controle schema's te testen. Het is van onschatbare waarde om controllers te kunnen testen in realistische situaties onder verschillende omstandigheden. Door de hierboven geschetste onderwerpen te onderzoeken, kan de controlegemeenschap de beste XAO-correctie leveren voor HCI-systemen, zodat het contrast bij kleinere hoekresoluties de beeldvorming en daaropvolgende karakterisering mogelijk maakt voor verre en dichtbij gelegen exoplaneten.