



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Structural analysis of complex ecological economic optimal control problems

Kiseleva, T.

**Publication date**  
2011

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

Kiseleva, T. (2011). *Structural analysis of complex ecological economic optimal control problems*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam]. Thela Thesis.

#### **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 (Summary in Dutch)

Dit proefschrift is gewijd aan de studie van geparametriseerde families van continue-tijd optimale sturingsproblemen met oneindige planning horizon en eendimensionale toestandsdynamica. Dergelijke modellen komen vaak voor in de milieu-economie. Alle theoretische resultaten en methoden ontwikkeld in het proefschrift worden geïllustreerd aan de hand van het deterministische en stochastische ‘vlakke-meer model’. Ze zijn echter algemeen en kunnen worden toegepast op elk probleem van dit type.

De belangrijkste bijdrage van dit proefschrift is de ontwikkeling van de bifurcatietheorie van eendimensionale optimale vectorvelden (zie Hoofdstuk 2), die het mogelijk maakt om de oplossingsstructuur van geparametriseerde optimale control problemen te bepalen. De dynamica onder optimale sturing van dergelijke problemen, kort ‘optimale dynamica’, kan meerdere lokale aantrekkers vertonen. De bijbehorende aantrekkingsgebieden worden ofwel door afstotende evenwichten van elkaar gescheiden, of door onverschilligheidspunten, waar er meer dan één optimale oplossing bestaat. De theorie ontwikkeld in Hoofdstuk 2 maakt het mogelijk om de parameter ruimte te verdelen in gebieden. Wanneer de parameters variëren binnen een gebied, verandert het optimale beleid alleen kwantitatief. Alleen als de parameters de gebiedsgrenzen overschrijden, veranderen ook kwalitatieve karakteristieken van het optimale beleid.

In Hoofdstuk 3 wordt het ‘vlakke-meer model’ geanalyseerd met behulp van de theorie ontwikkeld in Hoofdstuk 2. Het is een model van optimaal beheer van waterverontreiniging, welk dient als prototype van een conflict tussen ecologische en economische belangen. Bifurcatie-analyse van het model vindt parametergebieden waarover de kwalitatieve structuur van het opti-

male beleid niet verandert. Deze informatie kan gebruikt worden in het politieke beslissingsproces welk de parameterwaarden vastlegt die door de sociaalplanner gebruikt moeten worden. Een kleine verandering van de disconteringsvoet kan bijvoorbeeld het optimale beleid radicaal veranderen. In het algemeen betekent een daling van de disconteringsvoet dat een meer eerder naar een niet-vervuild evenwicht gestuurd zal worden.

In Hoofdstuk 4 zijn optimale sturingsproblemen onderzocht onder kleine stochastische verstoringen. De oplossing van een dergelijk probleem wordt gereduceerd tot het oplossen van de bijbehorende Hamilton-Jacobi-Bellman vergelijking, een singulier gestoorde tweede orde differentiaal vergelijking. Zonder verstoringen wordt dit een eerste orde differentiaalvergelijking, de dynamische programmeringsvergelijking van het overeenkomstige deterministische probleem. Hoofdstuk 4 ontwikkelt een methode om benaderende oplossingen van de Hamilton-Jacobi-Bellman vergelijking te vinden. Van deze oplossingen wordt een meetkundige invariant - de transformatie-invariante functie - berekend. Een stochastische bifurcatie in de zin van Wagenmakers *et al.* (2005) is dan een kwalitatieve verandering van deze invariant.

Stochastische optimale sturingsproblemen die regime-overgangen vertonen, zijn van bijzonder belang. Voor dergelijke stochastische problemen is de transformatie-invariante functie multimodaal; het analogon van een onverschilligheidspunt in deze context is een overgangdrempel, gedefinieerd als een lokaal minimum van de invariante functie. Een regime-overgang is dan het overschrijden van een dergelijke drempel; dit is vaak te wijten aan een grote schok. Een model kan plotselinge snelle veranderingen van een toestandsvariabele verklaren.

Dit proefschrift toont het belang en de effectiviteit aan van bifurcatietheorie als deze toegepast wordt op het bestuderen van niet-convexe optimale control problemen. Het opent een nieuwe methodologische benadering voor het onderzoek van geparametriseerde economische modellen. De gebruikelijke analyse methoden beperken zich grotendeels tot het vinden van lokale informatie van een systeem rond een lange-termijn evenwicht, of tot het bepalen van de globale structuur van de oplossingen voor een klein aantal parameterwaarden. Met de numeriek-meetkundige methoden ontwikkeld in dit proefschrift kan de globale oplossingsstructuur voor de hele parameterruimte gevonden worden. Deterministische en stochastische niet-convexe op-

timale control modellen worden meer en meer in economische analyses gebruikt; derhalve is de ontwikkeling van dergelijke methoden van belang.

De resultaten van dit proefschrift suggereren als mogelijke toekomstige onderzoeksthema's de ontwikkeling van bifurcatiemethoden voor deterministische en stochastische optimale sturingsproblemen met meerdimensionale toestandsruimten, de generalisatie van deze methoden naar dynamische spelen, en de ontwikkeling van een bifurcatiemethodologie voor multidimensionale discrete tijd-modellen.