
Titel: Bepaling van de rente met behulp van een convex optimalisatiemodel

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde en Optimalisatie

De bepaling van één enkele rentecurve is een belangrijk en goed bestudeerd probleem van inverteren. Om de aannemelijk rentecurves uit de oneindige reeks van mogelijke rentecurves te selecteren, moeten voorwaartse rentevoeten worden gebruikt in de regularisatie. Door discretisatie van de rentecurve wordt het inverteringsprobleem geformuleerd als een convex optimalisatievraagstuk dat efficiënt kan opgelost worden met behulp van bestaande oplossingstechnieken. Dit convex optimalisatievraagstuk kan onder meer wissels, obligaties, certificaten van deposito's, voorwaartse rente-akkoorden en renteswaps modelleren met behulp van zowel gelijkheid- als ongelijkheidsrestricties afkomstig van vraag- en aanbodkoersen. De bedoeling is om dit convexe optimalisatievraagstuk te bestuderen op basis van het artikel vermeld in de referentie. In het bijzonder is er de vraag of er een globaal extremum kan gevonden worden of enkel een lokaal extremum.

Referentie:

Jörgen Blomvall: Measurement of interest rates using a convex optimization model, *European Journal of Operational Research* **256**(2017), 308-316, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.05.053>

Titel: Gemiddelde variantie-portefeuilletheorie in het geval van niet-Gaussische rendementen

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde en Optimalisatie

De gemiddelde-variantie-portefeuilletheorie is nog steeds populair als investeringsindicator vanwege haar eenvoud, het hebben van een oplossing in gesloten vorm, en de beschikbaarheid van robuuste schatters. Tegelijkertijd krijgt deze theorie ook kritiek omdat ze de hogere momenten van niet-Gaussische rendementen negeert. De bedoeling van dit bachelorproject is de theorie van de gemiddelde-variantie-portefeuille te combineren met niet-Gaussische rendementen door onder alle portefeuilles op de efficiënte grens van de gemiddelde-variantie-portefeuille deze te identificeren die een gekozen hoger-momentcriterium optimaliseert. Dit kan verder geïllustreerd worden met behulp van numerieke simulaties.

Referentie:

Nathan Lassance: Reconciling mean-variance portfolio theory with non-Gaussian returns, *European Journal of Operational Research* **297**(2022), 729–740; <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.06.016>

Titel: Ondergrenzen in gesloten vorm voor de prijs van rekenkundig gemiddelde Aziatische opties door meervoudige conditionering

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde

Er bestaat geen gesloten formule voor de prijs van een Aziatische optie geschreven op het rekenkundig gemiddelde van de prijzen van een aandeel gedurende een bepaalde periode. Het is de bedoeling ondergrenzen voor de Aziatische optieprijs te bestuderen die wel in gesloten vorm bestaan wanneer de aandelenprijs een geometrische Brownse beweging volgt.

Deze ondergrenzen worden gevonden door conditionering op meerdere normaalverdeelde variabelen, die elk een gewogen som zijn van normaalverdeelde variabelen afkomstig van Brownse bewegingen. Daarnaast kan er door numerieke experimenten nagegaan worden dat deze ondergrenzen de Monte Carlo-prijzen goed benaderen en de enkelvoudige conditioneringsmethoden verbeteren, vooral in het geval van hoge volatiliteit en lange looptijd.

Referentie:

Geon Ho Choe and Minseok Kim: Closed-form lower bounds for the price of arithmetic average Asian options by multiple conditioning, *Journal of Futures Markets* **41**(2021),1916–1932

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fut.22265>

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde en/of Optimalisatie

Een onderwerp gebaseerd op een van de volgende artikels:

- Nawaf Mohammed, Edward Furman, Jianxi Su: Can a regulatory risk measure induce profit-maximizing risk capital allocations? The case of conditional tail expectation, *Insurance: Mathematics and Economics*, **101**(2021), 425–436, <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2021.08.012>
 - Ka Chun Cheung, Sheung Chi Phillip Yam, Fei Lung Yuen, Yiyang Zhang: Concave distortion risk minimizing reinsurance design under adverse selection, *Insurance: Mathematics and Economics*, **91**(2020), 155–165, <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2020.02.001>
 - Matthias A. Fahrenwaldt, Chaofan Sun: Expected utility approximation and portfolio optimization, *Insurance: Mathematics and Economics*, **93**(2020), 301–314, <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2020.05.010>
 - Juuso Liesiö, Peng Xu , Timo Kuosmanen: Portfolio diversification based on stochastic dominance under incomplete probability information, *European Journal of Operational Research*, **286**(2020), 755–768, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.03.042>
 - Fangda Liu, Jun Cai, Christiane Lemieux, Ruodu Wang: Convex risk functionals: Representation and applications, *Insurance: Mathematics and Economics*, **90** (2020), 66–79, <https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2019.10.007>
 - Zhe Sun, Xiaoqi Yang: A generalized Newton method for a class of discrete-time linear complementarity systems, *European Journal of Operational Research*, **286** (2020), 39–48, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.03.058>
-

Titel: Variable importance

Promotor: prof. dr. Stijn Vansteelandt

Vak: Statistiek III

In heel wat studies wenst men het belang van predictoren voor een uitkomst te kwantificeren. In de voorbije 5 jaar werden hiertoe flexibele procedures ontwikkeld, hetzij gebaseerd op lineaire regressie, hetzij gebaseerd op machinaal leren.

Het doel van dit bachelorproject is om een studie te maken van deze technieken en een bijhorend R-pakket, en om deze vervolgens toe te passen in een concrete data-analyse. De focus van dit project kan hetzij meer theoretisch zijn, met focus op de achterliggende asymptotische theorie, hetzij meer toepassingsgericht.

Titel: Inverse probability weighting via lineaire regressie

Promotor: prof. dr. Stijn Vansteelandt

Vak: Statistiek III

Inverse probability weighting is een techniek om te corrigeren voor confounding bias, alsook voor selectie-bias ten gevolge van ontbrekende gegevens. Ze werkt deze vormen van vertekening weg door elk individu in de analyse een persoonlijk gewicht te geven, gelijk aan bijvoorbeeld 1 gedeeld door de kans voor dat individu om over volledige data te beschikken. Inverse probability weighting werd de laatste decennia razend populair, ondermeer dankzij het werk van de laureaten van de Rousseeuw Prize for Statistics. De performantie laat nochtans soms de wensen over in de praktijk, omdat sommige individuen soms dermate grote gewichten toegekend krijgend ze te invloedrijk worden in de analyse. In dit bachelorproject zult u deel uitmaken van een onderzoeksproject met als doel om deze techniek sterk te verbeteren. In het bijzonder zullen we starten met het gebruik van lineaire regressiemodellen om deze inverse probability gewichten te leren uit data. De parameters in deze lineaire modellen zullen we niet schatten via OLS; we zullen in de plaats nieuwe schatters voorstellen met als eigenschap zo performant mogelijke gewichten op te leveren. We zullen de eigenschappen hiervan theoretisch bestuderen, alsook door Monte Carlo simulatie. Omdat lineaire modellen voor inverse kansen makkelijk fout kunnen zijn, zullen we het voorstel in een tweede tijd generaliseren door middel van kernel ridge regression, een machine learning techniek die nauw bij lineaire regressie aanleunt. Dit project is best geschikt voor studenten die wensen kennis te maken met onderzoek.

Titel: Toepassingen van genererende functies.

Promotor: J. Van der Jeugt

Vak: Numerieke analyse

In de cursus “Numerieke analyse” komen genererende functies even aan bod om coëfficiënten gemakkelijk te berekenen. Ook in andere cursussen (Discrete Wiskunde I) spelen genererende functies een belangrijke rol.

Voor dit bachelorproject is het de bedoeling dat de student op een systematische manier een stuk theorie over genererende functies doorneemt, aan de hand van een boek van H. Wilf. Vervolgens worden een aantal problemen bestudeerd die typisch kunnen opgelost worden aan de hand van genererende functies. Voor dit project is ook het gebruik van een computeralgebrapakket zoals Maple of Sage aangewezen.

Het boek over genererende functies, waaruit – in overleg met de student – enkele delen zullen geselecteerd worden, is te vinden op <https://www2.math.upenn.edu/~wilf/DownldGF.html>.

Titel: Matrixfactorisaties

Promotor: prof. dr. Marnix Van Daele

Vak: Numerieke analyse

Matrices vormen een belangrijk wiskundig instrument in de lineaire algebra. Ze bieden bvb. een middel om lineaire transformaties te beschrijven, om stelsels lineaire vergelijkingen op te lossen, enz. Matrices en hun eigenschappen worden dan ook in verschillende bachelor cursussen uitvoerig bestudeerd. In het bijzonder worden ook een aantal matrixfactorisaties besproken: de eigenwaardenontbinding in een cursus rond lineaire algebra, de LU-, QR- en Cholesky-decomposities in de cursus numerieke analyse, de singuliere-waarden-ontbinding in de cursus wiskunde modellering, Maar er zijn nog heel veel andere factorisaties bekend: zie bvb.

https://en.wikipedia.org/wiki/Matrix_decomposition.

In dit bachelorproject kunnen we dieper ingaan op enkele factorisaties waarrond algoritmen zijn opgebouwd of die een belangrijke rol spelen in het hedendaags wiskundig onderzoek.

Titel: Companion matrices

Promotor: prof. dr. Marnix Van Daele

Vak: Numerieke analyse

In dit bachelorproject leggen we een verband tussen veeltermen en matrices. Om de eigenwaarden van een $n \times n$ matrix A te bepalen, wordt de karakteristieke vergelijking bepaald: $\det(A - \lambda I) = 0$. Dit geeft aanleiding tot een n -de graadsveelterm, waarvan de nulpunten precies de eigenwaarden zijn. Omgekeerd kan men, gegeven een veelterm van graad n met hoogste graadscoëfficiënt gelijk aan 1, een $n \times n$ matrix construeren waarvan de karakteristieke veelterm precies gelijk is aan deze veelterm. Dit leidt tot de zogenaamde (Frobenius) companion matrix: een matrix met allemaal nullen, behalve op de eerste subdiagonaal (daar staan 1-en) en de laatste kolom (daar staan, op het teken na, de coëfficiënten van de veelterm). De companion matrix heeft verschillende toepassingen: zo ontstaat de companion matrix op een natuurlijke manier wanneer hogere orde differentiaalvergelijkingen of hogere orde differentievergelijkingen omgezet worden naar eerste orde. Een uitstekende inleiding tot companion matrices is te vinden op

<https://nhigham.com/2021/03/23/what-is-a-companion-matrix/>

Er zijn heel veel zaken die te bestuderen vallen. Veeltermen kunnen bvb. voorgesteld worden in verschillende basissen. De meest voor de hand liggende basis is $1, t, t^2, \dots$ maar deze is numeriek niet zo stabiel. Men kan ook kiezen voor bvb. een basis van orthogonale veeltermen. Wanneer men dan de karakteristieke veelterm voorstelt in een basis van Chebyshev-veeltermen spreekt men niet meer over de companion matrix, maar over de colleague matrix (Good, 1961). In andere basissen spreekt men dan weer over comrade matrices (Barnett 1961). Het doel van dit bachelorproject kan zijn om de eigenschappen van en verbanden tussen deze matrices te bestuderen en om enkele (al dan niet numerieke) algoritmen te bespreken waarin deze matrices voorkomen.

Referentie: • S. Barnett, Congenial matrices, Linear Algebra Appl., 41 (1981), pp. 277-298