
Titel: Modelleren en prijsbepaling van cyberverzekering: Idiosyncratische, systematische en systeemrisico's

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde

De bedoeling van dit project is om kennis te maken met de verschillende wiskundige concepten voor het modelleren en prijzen van cyberverzekeringen. We onderscheiden drie hoofdtypen cyberrisico's: idiosyncratische, systematische, en systemische cyberrisico's. Terwijl voor idiosyncratische en systematische cyberrisico's klassieke actuariële en financiële wiskunde goed geschikt lijken, vereisen systemische cyberrisico's meer geavanceerde benaderingen die zowel netwerk- als strategische interacties vastleggen. In de context van de tarifiering van cyberverzekeringspolissen doen zich problemen van onderlinge afhankelijkheid voor, zowel voor systematische als systemische cyberrisico's; de klassieke actuariële waardering moet worden uitgebreid met complexere methoden, zoals concepten van risiconeutrale waardering en (verzameling-gewaardeerde) monetaire risicomatstaven.

Referentie:

Awiszus, K., Knispel, T., Penner, I. *et al.*: Modeling and pricing cyber insurance. *European Actuarial Journal* **13**, 1–53 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13385-023-00341-9>

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: 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>

Titel: Het oplossen van een robuust log-optimale portfolio: een ondersteunend hypervlak benaderingsmethode

Promotor: prof. dr. Michèle Vanmaele

Vakken: Financiële wiskunde en/of Optimalisatie

Een log-optimale portefeuille is elke portefeuille die de verwachte logaritmische groei (VLG) van het vermogen van een belegger maximaliseert, waarbij doorgaans wordt uitgegaan van voorafgaande kennis van de werkelijke rendementsverdeling. In de praktijk zijn de rendementsverdelingen echter vaak dubbelzinnig; dat wil zeggen dat de werkelijke verdeling onbekend is, waardoor dit probleem moeilijk op te lossen is. De bedoeling van dit project is om een ondersteunende hypervlak-benadering te bestuderen, waarbij een klasse van distributionele robuuste log-optimale portefeuilleproblemen met polyhedron-ambigüiteiten wordt geherformuleerd in hanteerbare robuuste lineaire programmeringsproblemen. Daarnaast kan ook een efficiënt algoritme bestudeerd worden om het optimale aantal hypervlakken te bepalen. Bovendien, om rekening te kunnen houden met de voortdurend veranderende markt, wordt een online handelsalgoritme voorgesteld dat gebruikmaakt van een glijdend-vensterbenadering om een reeks robuuste lineaire programmeringsproblemen op te lossen. Dit biedt aanzienlijke rekenvoordelen. De effectiviteit van de voorgestelde aanpak kan ten slotte nagegaan worden door empirische studies met historische aandelenkoersgegevens.

Referentie:

Chung-Han Hsieh, On solving robust log-optimal portfolio: A supporting hyperplane approximation approach, *European Journal of Operational Research* in press (2023),
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.09.040>.

Titel: Benaderingsalgoritmen voor distributieproblemen

Promotor: Veerle Fack (Veerle.Fack@UGent.be)

Vakken: Optimalisatie / Algoritmen en Datastructuren

Het is de bedoeling om benaderingsalgoritmen (gebaseerd op metaheuristieken zoals local search, tabu search, genetische algoritmen, e.d.) uit te werken voor enkele optimalisatieproblemen waarmee distributiebedrijven te maken krijgen. Mogelijke onderzoeksproblemen zijn:

- Het *Bin Packing Problem* (BPP) beschouwt het inpakken van een reeks objecten met verscheidene gewichten in een reeks containers met inhoud V , op zodanige manier dat zo weinig mogelijk containers gebruikt worden.
- Het *Vehicle Routing Problem* (VRP) beschouwt we een pakjesdienst, die dagelijks goederen moet afleveren bij veel verschillende klanten. Hiervoor is een vloot van voertuigen beschikbaar, die opereert vanuit een centraal distributiecentrum. Het doel is een route voor elk voertuig te ontwerpen (vergelijkbaar met de route uit het handelreizigersprobleem), zodanig dat alle klanten bediend worden door precies één voertuig en dat de totale reiskost van de voertuigen minimaal is.
- Het *Facility Location Problem* (FLP) beschouwen we een distributiebedrijf, dat goederen in bulk opslaat in meerdere opslagruimtes, om ze van daaruit te verdelen naar meerdere klanten. Het doel is om te bepalen welke opslagruimtes geschikt zijn voor welke goederen, zodanig dat de kost om de klanten te bedienen minimaal is. De moeilijkheid van dit probleem komt van het feit dat elke opslagruimte een eigen kost en een eigen opslagcapaciteit heeft.

Niet-parametrische regressie

Promotor: Prof. Stijn Vansteelandt (stijn.vansteelandt@ugent.be)

Begeleider: Georgi Baklcharov

Doelgroep: Studenten met interesse in wiskundige statistiek

Samenvatting :

Het doel van dit bachelorproject is om een studie te maken van 'Nadaraya-Watson schatters' en 'local polynomial estimators' voor niet-parametrische regressie. Deze worden gebruikt om conditionele gemiddelden op zeer flexibele manier te modelleren. Dit project omvat een literatuurstudie op basis van een deel van het beroemde boek 'Introduction to nonparametric estimation' van Tsybakov, waarin de eigenschappen van deze schatters op elegante en rigoureuze manier worden uitgewerkt. Vervolgens kan via een simulatiestudie of data-analyse praktisch inzicht worden opgedaan in de performantie van deze schatters.

Het optimaliseren van klinische onderzoeken door het incorporeren van baseline variabelen

Promotor: Dr. Kelly Van Lancker (kelly.vanlancker@ugent.be) en Prof. Stijn Vansteelandt (stijn.vansteelandt@ugent.be)

Doelgroep: Studenten met interesse in (toegepaste) statistiek

Samenvatting :

Tijd is altijd cruciaal als het gaat om de evaluatie van potentiële geneesmiddelen en vaccins, maar de laatste jaren meer dan ooit met het oog op de COVID-19-pandemie. 'Covariate adjustment' (d.w.z. het in rekening brengen voor vooraf gespecificeerde, prognostische variabelen die gemeten worden vóór randomisatie) is een statistische methode met een groot potentieel om de precisie te verbeteren en de vereiste steekproefgrootte te verkleinen voor veel klinische studies. In de meeste klinische studies worden op het moment van rekrutering gegevens verzameld over 10-tallen tot zelfs meer dan 100 kenmerken van de patiënten (vb. leeftijd, ernst van de ziekte, BMI). Dergelijke variabelen zijn inderdaad nuttig omdat ze informatie bevatten over de prognose voor de patiënt. Het doel van dit project is om twee verschillende populaire methodes voor covariate adjustment (targeted maximum likelihood estimation en PROCOVA) met elkaar te vergelijken. Lopende samenwerkingen met de vakgroep Biostatistiek aan Johns Hopkins University, de Amerikaanse Food and Drug Administration en het farmaceutische bedrijf Novartis zal de bruikbaarheid van de resultaten in de praktijk ten goede komen.

Het optimaliseren van klinische onderzoeken door de statistische informatie te monitoren

Promotor: Dr. Kelly Van Lancker (kelly.vanlancker@ugent.be) en Prof. Stijn Vansteelandt (stijn.vansteelandt@ugent.be)

Doelgroep: Studenten met interesse in (toegepaste) statistiek

Samenvatting:

Bij het opstarten van een klinische studie is er vaak onzekerheid over de nodige steekproefgrootte, daar het moeilijk kan zijn om een inschatting te maken omtrent de precisie waarmee men het behandelingseffect kan schatten. Foute inschattingen kunnen ervoor zorgen dat de uiteindelijke klinische studie een te grote of te lage power zal hebben. Dit probleem vergroot wanneer men gebruik wil maken van 'covariate adjustment'. 'Covariate adjustment' (d.w.z. het in rekening brengen voor vooraf gespecificeerde, prognostische variabelen die gemeten worden vóór randomisatie) is een statistische methode met een groot potentieel om de precisie te verbeteren en de vereiste steekproefgrootte te verkleinen voor veel klinische studies. In de meeste klinische studies worden op het moment van rekrutering gegevens verzameld over 10-tallen tot zelfs meer dan 100 kenmerken van de patiënten (vb. leeftijd, ernst van de ziekte, BMI). Dergelijke variabelen zijn inderdaad nuttig omdat ze informatie bevatten over de prognose voor de patiënt.

In dit project bestuderen we hoe we dit obstakel kunnen aanpakken door te focussen op statistische informatie in plaats van steekproefgrootte. In het bijzonder monitoren we voortdurend de verzamelde informatie (dat wil zeggen, de inverse van de variantie van de schatter) tijdens de studie en voeren we de analyse uit wanneer vooraf gespecificeerde cut-offs (voor de statistische informatie) bereikt worden. We verwijzen naar dit type opzet als "informatie-adaptief". Lopende samenwerkingen met de vakgroep Biostatistiek aan Johns Hopkins University, de Amerikaanse Food and Drug Administration en het farmaceutische bedrijf Novartis zal de bruikbaarheid van de resultaten in de praktijk ten goede komen. Afhankelijk van de interesses van de student, kunnen we dieper ingaan op praktische of theoretische problemen.

Wanneer moeten standaard errors rekening houden met clustering?

Promotor: Prof. Stijn Vansteelandt (stijn.vansteelandt@ugent.be)

Doelgroep: Studenten met interesse in statistiek en onderzoek

Samenvatting :

Het niet erkennen van clustering of afhankelijkheid tussen metingen in een regressie-analyse kan aanleiding geven tot sterk vertekende standaard errors. Statistici hebben manieren uitgewerkt om hiermee rekening te houden, namelijk door de cluster als categorische variabele in het model op te nemen als hetzij 'fixed' of 'random' effect. Soms blijkt dit echter overbodig te zijn, of zelfs tot een inflatie in standaard fouten te leiden. Via dit bachelorproject wensen we hier meer inzicht in te krijgen, enerzijds door een studie van recent werk van Nobelprijswinnaar Guido Imbens, en anderzijds door het probleem zelf onder de loep te nemen door middel van analytisch en/of simulatieonderzoek.

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.

De volgende generatie matrix in wiskundige modellen voor besmettelijke ziekten.

Promotor: Prof. M. Van Daele

Begeleider: Prof. W. Govaerts

In Deel III (Epidemische modellen) van de cursus Wiskundige Modelling (3de bachelor wiskunde) wordt de basistheorie over epidemische modellen ontwikkeld. Het gaat hierbij om compartimentele modellen waarbij de populatie opgesplitst wordt in een aantal besmette en een aantal niet-besmette compartimenten. Het model bestaat dan uit een stelsel gewone differentiaalvergelijkingen, voor ieder compartiment een.

Als er slechts een besmet compartiment is, dan wordt het begrip van het basaal reproductiegetal ingevoerd door het volgen van de secundaire infecties die veroorzaakt worden door een enkel besmet individu dat in de ziektevrije vatbare populatie ingebracht wordt. De waarde van dit basaal reproductiegetal in een ziektevrij evenwichtspunt bepaalt of de ziektevrije toestand stabiel is tegen het uitbreken van een infectie.

Als er verschillende besmette compartimenten zijn, dan is er een meer algemene wiskundige benadering nodig, waarbij het begrip van de volgende generatie (next generation) matrix een rol speelt. Dat is een matrix waarvan het element op de plaats (i, j) het aantal secundaire infecties is dat in het i -de compartiment veroorzaakt wordt door een infectie in het j -de compartiment. Het is dus een (n, n) matrix waarbij n het aantal besmette compartimenten is.

In de literatuur zijn er hiervoor (minstens) twee benaderingen die nauw verwant zijn, maar verschillende basisveronderstellingen over de gebruikte modellen maken. We baseren ons hiervoor op [1, Ch. 9.10] en [2], respectievelijk. De twee benaderingen gebruiken gelijkaardige geavanceerde stellingen over specifieke types van matrices (Z - sign pattern, niet-negatieve matrix, M - matrix, volgende generatie matrix). In de praktijk leiden de twee benaderingen meestal tot dezelfde resultaten, als de basisveronderstellingen van beide benaderingen vervuld zijn

Voor dit bachelorproject is het de bedoeling de twee benaderingen kritisch te vergelijken en de resultaten te testen voor diverse epidemische modellen zoals die in de literatuur overvloedig voorhanden zijn.

Literatuur:

1. Fred Brauer and Carlos Castillo-Chavez, *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology* (2nd edition, 2012). Springer Texts in Applied Mathematics 40.

2. P. van den Driessche and J. Watmough, *Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission*. *Mathematical Biosciences*, 180:29-48,2002. DOI:10.1016/S0025-5564(02)00108-6.