

KLM

"Wij laten de data zichzelf indelen"

Wanneer boeken passagiers hun vliegticket? Luchtvaartmaatschappij KLM gebruikt gedetailleerde boekingscurves om dat te voorspellen. Die curves zijn cruciale informatie om de ticketprijs goed te bepalen. Aan SWI de uitdaging om de boekingscurves nog beter te berekenen.

Als passagiers vinden we wat ruimte om ons heen wel prettig, maar luchtvaartmaatschappijen verkopen het liefst alle beschikbare stoelen op een vlucht. Om die verkoop te voorspellen gebruikt KLM zogeheten boekingscurves, net zoals het hotelwezen. Die geven aan hoe ver voor een vlucht tickets typisch geboekt worden: stapsgewijs bijvoorbeeld, of in één sprint vlak voor de vlucht.

Boekingscurves zijn cruciale informatie voor KLM om de ticketprijs aan te passen aan vraag en aanbod, en zoveel mogelijk te verdienen aan elke reis. Ken je klanten en hoe ze boeken, en je kunt er je ticketprijs op afstemmen. De vraag aan de Studiegroep Wiskunde en de Industrie (SWI): kunnen de wiskundigen die boekingscurves beter bepalen dan KLM zelf?

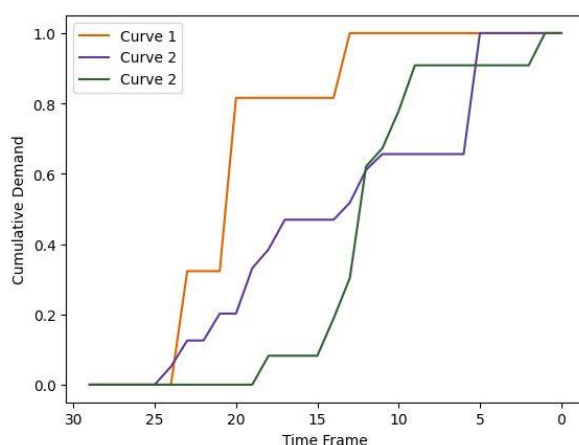
Bijdragen

"Van alle cases in de workshop sprong deze er voor me uit. Hier kon ik echt betekenisvol iets aan bijdragen", vertelt derdejaars promovendus statistiek Tyron Lardy van het Centrum voor Wiskunde en Informatica en de Universiteit Leiden.



KLM Cityhopper. Bron: Wayne Jackson / Pexels

De statisticus kwam terecht in een divers team: "Iedereen had een iets andere achtergrond en opleiding, en dus een eigen manier om over dingen na te denken. Dat was heel nuttig, want daardoor begreep iedereen net een ander deel van het vraagstuk."



Voorbeeld van boekingscurves. Bron: KLM

boomdiagram op van steeds verder toegespitste resultaten. De uiteindelijke boekingscurve van een nieuwe vlucht wordt dus bepaald door historische vluchten met dezelfde kenmerken.

Beslissingsboom

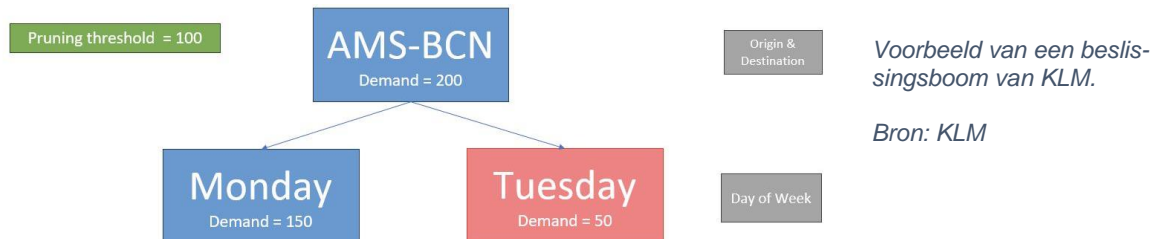
Tickets kun je bij KLM tot een jaar voor de vlucht boeken. De kunst voor het bedrijf is om te voorspellen wanneer klanten hun tickets zullen boeken. Dat gebeurt met een 'beslissingsboom' (*decision tree*), een serie opeenvolgende ja/nee-vragen over de vlucht.

In de beslissingsboom spelen tientallen factoren mee. Het begin- en eindpunt van de reis bijvoorbeeld; het tijdstip, de dag in de week en het jaargetijde; en of we zakelijk of privé reizen. De truc van een goede beslissingsboom is de juiste vragen in de juiste volgorde stellen. Dat levert een

Resultaten uit het verleden

De SWI-ers krijgen van KLM een database met twee jaar aan boekingen en de bijbehorende informatie zoals routes, data en tijden. Alle achttien factoren in de database beïnvloeden in principe de vorm van de boekingcurve. De vraag is: hoe precies? En blijft die relatie altijd zo, of verandert die in de loop der tijd?

Lardy: "Beslissingsbomen zijn een krachtige methode om data op te splitsen in categorieën, maar KLM gebruikt nu een vaststaande serie vragen, die zijn bedacht door een menselijke specialist. In de statistiek weten we dat resultaten uit het verleden geen garantie bieden voor de toekomst. We vliegen nu tenslotte niet meer zoals twintig jaar geleden." Tijd dus voor een andere aanpak dan een vaststaande vragenlijst.



Beslissingsbomen en regressie

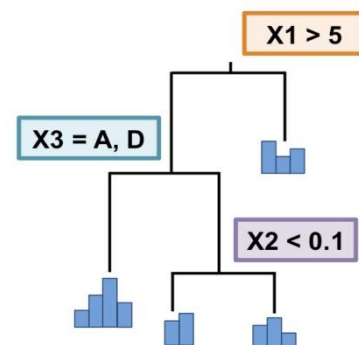
In Lardy's team liepen de meningen uiteen over de beste aanpak. Daarom zijn twee verschillende methodes gebruikt. Eén team dook in de lineaire regressie: een manier om lineaire relaties te vinden in immense databases. In principe kun je daarmee opsporen welke factoren de vorm van een boekingcurve bepalen.

"In de praktijk betekent dat, dat je enorme tabellen (*matrices*) opstelt met alle mogelijke relaties tussen de eigenschappen van de reis en wanneer er geboekt wordt", legt Lardy uit. "Die analyseer je tot je een lineaire afhankelijkheid hebt die de historische data het beste verklaart."

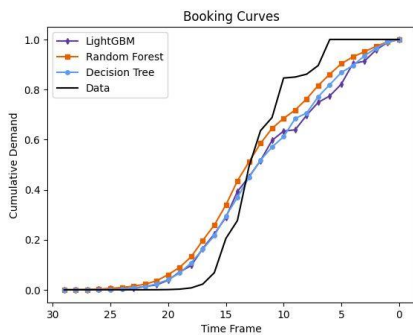
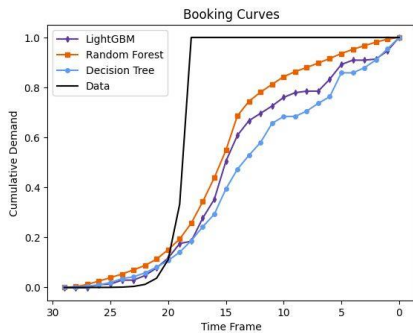
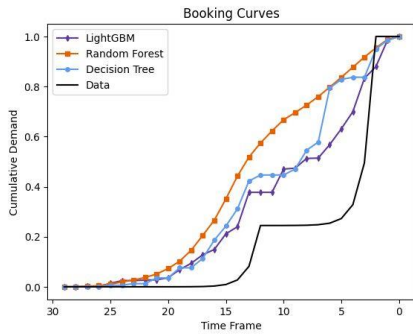
Lineaire regressie is een krachtige en snelle techniek, maar niet zomaar toe te passen op de KLM-casus. Zo is lineaire regressie bijvoorbeeld toepasselijk als de factoren binair zijn: business class of economy. Extra opties zoals economy+ in dat schema stoppen vraagt meer rekentijd om alle combinaties af te gaan. Daar komt bij dat het team een maatwerk algoritme schrijft, dat niet zo snel is als kant en klare varianten uit de literatuur. Uiteindelijk weten ze daarmee in de beperkte tijd drie van de parameters achter de boekingcurves door te rekenen. Te weinig om de vorm van de curves betrouwbaar te voorspellen. Tijd voor een snellere methode.

Zelflerend systeem

KLM heeft met hun beslissingsboom een geschikte aanpak gekozen, denkt Lardy. Maar in plaats van de onveranderlijke categorieën van de luchtvaartmaatschappij, willen de wiskundigen een dynamische aanpak, "waarbij we de data zichzelf in laten delen". Met hun database vol boekingen uit het verleden laten ze een computer steeds andere mogelijke onderverdelingen bedenken. Door automatisch te testen of zulke vragen ook boekingcurves opleveren die op elkaar lijken, komen ze met relatief weinig rekenwerk achter een handige manier om de boekingcurve van toekomstige vluchten te voorspellen.



Zelflerende beslissingsboom.
Bron: SWI-team KLM



Prestaties van drie verschillende technieken om beslissingsbomen te genereren voor de boekingcurves. Bron: SWI-team KLM

getraind op een andere subset van de data. Zo voorkom je dat je de bomen te veel toespitst op historische data en daarmee voorspellingskracht verliest."

Bedrijfsgeheim

In hun werkweek plotten de wetenschappers ook de prestaties van hun algoritmes, en vergelijken ze de berekende boekingcurves via verschillende foutenmarges met de historische reisgegevens. *Gradient boosting* haalt de laagste foutenmarges, al geeft het team ruitertlijk toe dat de drie methodes die ze hebben gekozen om de prestaties van de algoritmes te bepalen nog beter moeten worden toegespitst op de case van KLM. Dat werpt de vraag op: zijn de beslissingsbomen van SWI ook echt beter dan die van de luchtvaartmaatschappij?

De gradient-boosted analyse wijst de maand en dag van de week aan als belangrijkste factoren die de vorm van beslissingsbomen bepalen.
Bron: SWI-team KLM

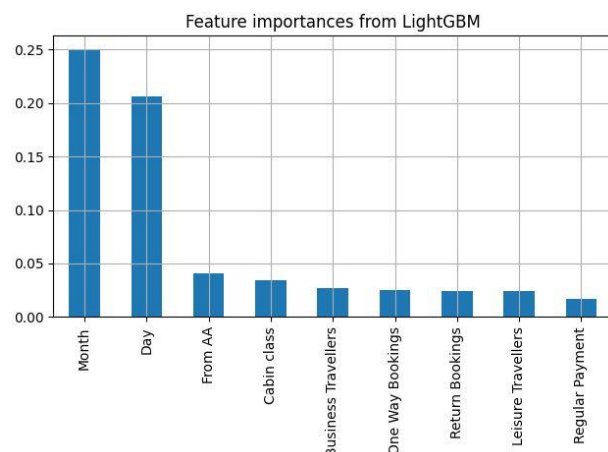
"Van de historische data leren we welke vragen je moet stellen om tot zinnige categorieën te komen", vertelt Lardy. "Als zo'n ja/nee-vraag een verzameling reizen oplevert die duidelijk bij elkaar horen omdat ze dezelfde vorm boekingcurve hebben, ben je klaar. Zo niet, dan probeer je de reizen verder op te splitsen. Vervolgens kun je nieuwe routes door dezelfde vragenlijst halen. Het idee is dat ze dan ook dezelfde soort boekingcurve hebben als de reizen uit de trainingsdata."

Woud van beslissingsbomen

Om hun beslissingsbomen zo goed mogelijk te krijgen, halen de SWI-ers moderne statistiek uit de kast. Het 'standaardexemplaar' trainen ze op op twee jaar aan reisdata, met 18 parameters per boeking. Dat levert een aardig eerste resultaat, al vallen de voorspelde boekingcurves nog lang niet perfect samen met de historische resultaten. Tijd voor een verfijnde aanpak.

De wiskundigen gebruiken twee technieken om hun beslissingsbomen aan te scherpen: *gradient boosting* en *random forests*. "Als je al je trainingsdata gebruikt om één beslissingsboom te genereren, geeft die niet per se de beste oplossing", legt Lardy uit. "Met *gradient boosting* zet je alternatieve bomen op, andere vragenseries, die je optimaliseert om goed te presteren waar je hoofdboom zwakke plekken heeft."

Dat samenspel van meerdere modellen levert betere resultaten, net als een *random forest*, de andere techniek die het team uitprobeert: "Dan zet je meerdere bomen op, elk



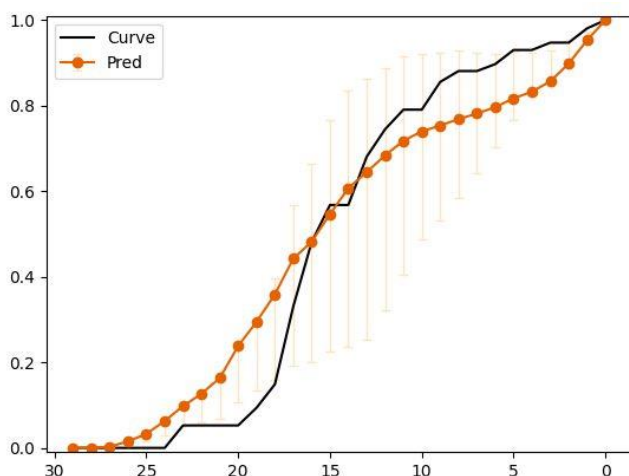
"Gek genoeg weten we niet precies hoe goed we het nou echt hebben gedaan", vertelt Tyron Lardy. Om dat te bepalen zou het team namelijk naar de bedrijfsalgoritmes en -data van KLM moeten kijken, en die zijn tijdens de workshop niet beschikbaar gemaakt. Wel geven de vertegenwoordigers van het bedrijf aan dat ze brood zien in de verschillende methodes, al is het bijvoorbeeld nog de vraag of hun ICT- en veiligheidsteams zomaar toestaan dat er gebruik wordt gemaakt van de open source rekenpakketten die de SWI-ers hebben ingezet.

"Die willen vast iets dat nét niet kan"

Hoe kijkt Tyron Lardy terug op de SWI-week? "Ik nam deel aan SWI om erachter te komen wat voor uitdagingen bedrijven hebben voor wiskundigen. Tegen het eind van je promotie vraag je je toch af: wat wil ik hierna met mijn leven - door in het onderzoek, of het bedrijfsleven in? SWI was een mooie manier om wat ervaring op te doen met werken in het bedrijfsleven."

Lardy vond de SWI-week een prettige verrassing: "Eerst dacht ik dat die grote bedrijven wel extreem geoliede machines zouden zijn, met enorm gespecialiseerde tools en vraagstukken - die vragen vast iets aan ons dat met bestaande technieken nét niet kan. Maar ze bleken met dezelfde tools te werken als wij. Dat is het mooie van wiskunde: of ik nou een boekingcurve wil voorspellen of iemands lengte, uiteindelijk zijn daar allerlei standaardtechnieken voor. De kunst is hoe je ze toepast.

"Ik zou zeker nog een keer meedoen aan SWI, als er opdrachten bij zitten die goed bij mijn achtergrond passen. Dan kun je echt een fantastische ervaring hebben."



Bepalen van de onzekerheidsmarge van een boekingcurve.

Bron: Zhang, Haozhe, et al. "Random forest prediction intervals." The American Statistician (2019).