

IKEA

Laat dat pakje maar van verder komen

IKEA is al lang niet meer door de winkel dolen op Tweede Paasdag; steeds meer klanten bestellen online. Een uitdaging voor de webshop, die live moet bepalen welke winkel of distributiecentrum de bestelling het beste kan leveren. Vijf SWI-ers bouwen er vijf uiteenlopende modellen voor, mét Zweedse knipoog.

Een hanglamp, een bureau en (Billy) boekenkast voor een studentenkamer, een complete keuken: de webshop van IKEA heeft het allemaal. Klik op 'bezorgopties tonen', en de website geeft je een lijstje van mogelijke bezorgmomenten waarop jouw nieuwe huisraad voor de deur kan staan.

Om die opties te bepalen moet de IKEA-server in een oogwenk uitzoeken welke winkel of distributiecentrum de bestelling het beste kan versturen. Geen simpel sommetje, stelt data-expert Jan de Munck van IKEA. Naast transportkosten is er ook het aspect van *order picking*: hoeveel tijd het medewerkers kost om artikelen in het magazijn op een karretje te laden. Dat varieert per locatie vanwege de beschikbare capaciteit en de indeling van de winkels.

"Ons huidige algoritme berekent telkens wat de goedkoopste oplossing is voor die ene order", legt De Munck uit. Meestal een prima oplossing, maar op drukke dagen kan de capaciteit van een kleine locatie door die toewijzing snel vollopen. Een grotere order later op de dag past dan niet meer in de planning. Die moet dan tegen hogere kosten van verder weg komen.

Shopping cart

How would you like to receive your order?

The screenshot shows the 'Shopping cart' section of the IKEA website. It features two options for receiving the order: 'Delivery' and 'Collect'. Below these is a product listing for 'BILLY Bookcase, oak effect, 80x28x202 cm' with a price of € 89.95 and a quantity of 1. There are buttons for 'Remove product' and 'Move to shopping list >>'. The subtotal is shown as € 89.95.

Order summary

Products price € 89.95

Delivery -
Will be visible in the next step

Subtotal € 89.95

Have a discount code?

Continue to checkout

Screenshot van de IKEA-webshop. Bron: SWI-team IKEA

Kan het slimmer? De Munck heeft vanuit zijn vorige werkgever PostNL al twee keer deelgenomen aan SWI en stelt voor om die vraag in te brengen namens IKEA. Een ideaal vraagstuk voor SWI, vindt ook De Munck's collega Arturo Pérez Rivera, hoofd van de afdeling orderallocatie.

"In feite vragen we een manier om in de toekomst te kijken en bij de orderverdeling rekening te houden met toekomstige bestellingen", vat De Munck samen. Door opdrachten beter te verdelen over de winkels moet er ook op drukke dagen capaciteit overblijven. "We vermoeden dat dat opweegt tegen de iets hogere transportkosten."



Girig



Optimål



Heuristik



Linjär



Netvörk

Ontwikkelde algoritmes tijdens de workshop

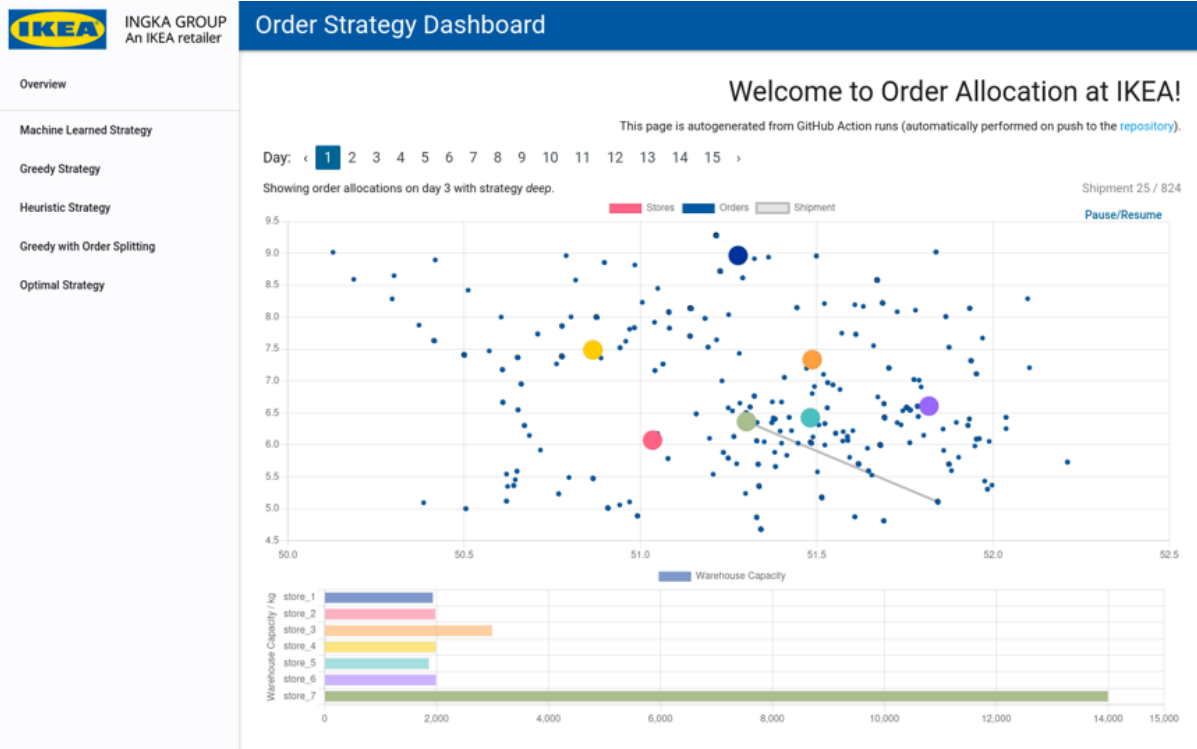
Creatieve wiskunde

Vraag SWI-ers één glazen bol en je krijgt er vier. Aan het eind van de workshop presenteren vijf deelnemers een gelijke dashboardomgeving die vier nieuwe rekenmodellen in detail vergelijkt met IKEA's bestaande algoritme. De sfeer zit erin: een verloren uurtje is besteed aan het verzinnen van Zweeds klinkende namen voor de algoritmes.

"We hadden een ideaal team voor deze opdracht", verklaart teamlid Yasmin Roshandel de opbrengst. "We hadden experts in data-analyse, optimalisatieproble-

men en *deep learning*, en iemand die thuis is codebases beheren zodat we alle modellen in één dashboard konden vergelijken."

In het dagelijks leven promoveert Roshandel aan de Vrije Universiteit Amsterdam op het optimaliseren van logistieke ketens voor het bedrijf Pon. "Optimalisatie is creatieve wiskunde: je bedenkt telkens nieuwe oplossingen om zo snel en goed mogelijk je doel te bereiken. Die oplossingen direct toepassen voor een bedrijf is echt heel leuk."



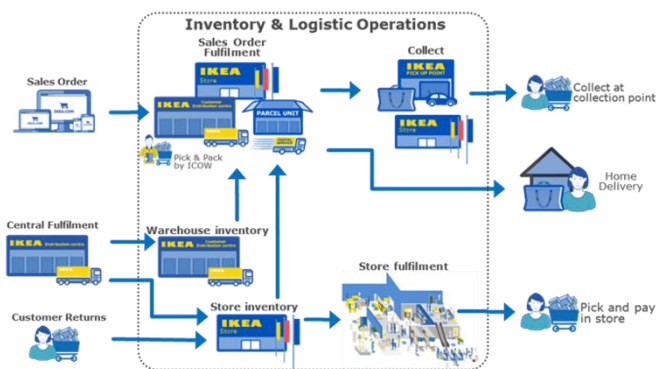
Bekijk het dashboard met verschillende algoritmes dat SWI ontwikkelde voor IKEA: <https://ikea-order-strategy-dashboard.netlify.app/>

Beste oplossing: Optimål

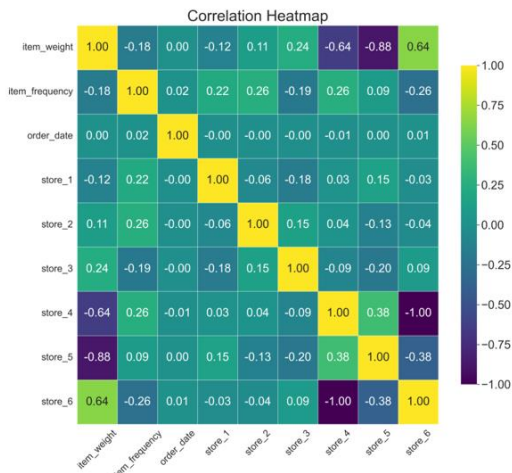
Aan het begin van hun werkweek krijgen de wiskundigen van Jan de Munck een uitgebreid startpakket. Daarin zit een sterk versimpelde dataset met producten en hun gewicht, winkels en hun voorraad, een maand aan fictieve orders én een implementatie van IKEA's bestaande 'greedy' algoritme, prompt omgedoopt tot *Girig*. Kunnen de SWI-ers het beter dan dit algoritme, dat consequent de goedkoopste optie kiest zonder rekening te houden met de capaciteit van het netwerk?

Als eerste vingeroefening zochten Roshandel en haar collega's onder de vlag *Optimål* uit of er een ideale manier is om de dagorders tegen de laagste totale kosten te verdelen over de winkels. Daarvoor gebruikten ze de krachtige maar rekenintensieve techniek van *Integer Linear Programming (ILP)*.

"Bij ILP moet je je complete vraagstuk formuleren in wiskundige relaties tussen grootheden", legt Roshandel uit. Ook aspecten die voor een mens vanzelfsprekend zijn, zoals dat een artikel moet worden verzonden vanuit dezelfde winkel waar het op voorraad is. Een geautomatiseerde ILP-oplosser kan dan de best



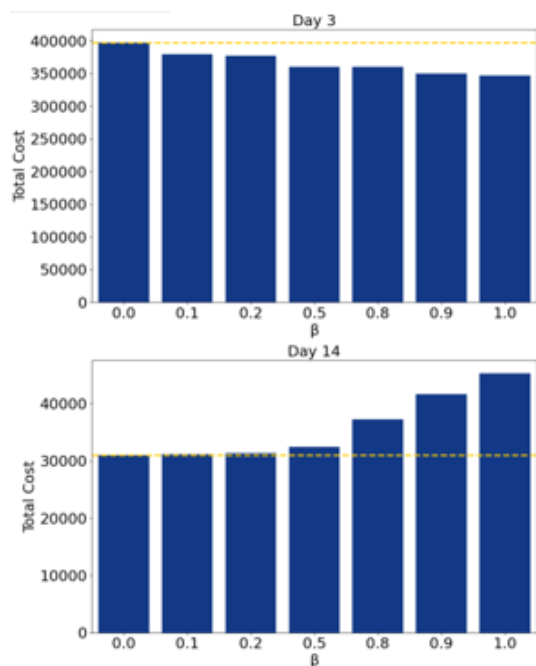
Inventaris en logistiek binnen IKEA. Bron: IKEA



Analyse van de inventaris van distributiecentra in de trainingsdata. Bron: SWI-team IKEA

bruik van. De basis is weer een ILP-berekening die informatie nodig heeft over toekomstige opdrachten. Die faken de SWI-ers slim door willekeurige bestellingen uit de database van historische orders te plukken. Linjär doet alsof ook die gesimuleerde bestellingen ingepland moeten worden en bepaalt waar de bestelling van de huidige klant vandaan moet komen.

Met maar 600 gesimuleerde orders haalt dit model al 75% van de besparingen van het optimale algoritme, vertellen de wiskundigen in hun presentatie. Dat is netjes, maar met een minuut rekentijd te traag voor de webshop. Dat kan in theorie sneller, denken de wiskundigen. Linjär houdt rekening met de steeds dalende ordercapaciteit van winkels om opdrachten over alle winkels te spreiden. Een sneller alternatief is om de ordercapaciteit te formuleren als



Invloed van de drukke-dagenfactor op de totale bezorgkosten in Heuristik. Bron: SWI-team IKEA

hoeveel bestellingen er worden verwacht die dag. Resultaat: zo'n 15% lagere kosten dan het Girig-algoritme, met dezelfde rekentijd.

mogelijke oplossing vinden. Daarvoor moet het systeem wel alle te verdelen orders kennen. Roshandel: "We doen dus alsof we aan het eind van een winkel-dag terugkijken en de orders toewijzen."

In het dashboard is meteen te zien hoeveel beter Optimål op drukke dagen presteert dan Girig: de totale kosten zijn de helft lager, en maar 1% van geplaatste orders kan niet worden vervuld, tegen Girig's 4%. Nadeel: deze optimale oplossing is totaal ongeschikt voor de webshop vanwege de forse rekentijd en de eis dat toekomstige bestellingen al bekend zijn. Is daar een mouw aan te passen?

Linjär algoritme

In de toekomst kijken kan niet, in het verleden maar al te goed. Het Linjär-algoritme maakt daar dankbaar ge-

bruik van. Het algoritme maakt daar dankbaar gebruik van. Het algoritme maakt daar dankbaar gebruik van. Het algoritme maakt daar dankbaar gebruik van. Het algoritme maakt daar dankbaar gebruik van.

Heuristik

Linjär en Optimål vragen veel rekenkracht. Daarom proberen andere teamleden het snelle Girig-algoritme te verbeteren. Vergelijkbaar met het schaduwprijsconcept houdt Heuristik de restcapaciteit per locatie bij. Het algoritme kiest niet simpelweg de goedkoopste winkel net als in Girig, maar weegt de resterende capaciteit van elke winkel mee. Zo worden overbelaste winkels minder aantrekkelijk voor het algoritme.

De Heuristik-aanpak heeft geen informatie over toekomstige bestellingen nodig, omdat het informatie over de restcapaciteit gebruikt. Een drukke-dagen-factor geeft aan hoe zwaar die capaciteit moet wegen en die drukke-dagen-factor rust weer op een voorspelling van

Netvörk

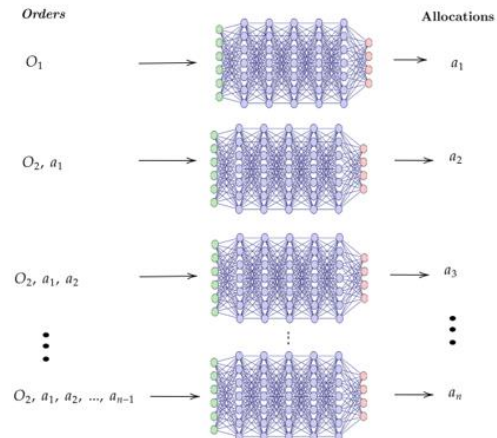
Zowat het enige SWI-algoritme dat niet beter presteerde dan IKEA's standaardberekening is een *deep learning*-aanpak. Hier moest een *neuraal netwerk* patronen leren herkennen in de orderverdeling tijdens een winkeldag. Zo'n patroon ('drukke dag, veel zware bestellingen') wordt dan gekoppeld aan passende orderverdelingen, geleerd van oplossingen van het Optimäl-model.

"Helaas hadden we hier te weinig tijd en te weinig data voor", haalt Roshandel de schouders op. Een maand aan trainingsdata lijkt veel, maar blijkt te weinig voor het grote aantal variabelen zoals winkels, ordersamenstellingen, artikelprijzen en -gewichten. Netvörk is razendsnel, maar presteert -nu nog- minder dan Girig. Met meer trainingsdata is dat waarschijnlijk te verbeteren.

Aan de slag

IKEA's Jan de Munck steekt zijn waardering voor het SWI-resultaat niet onder stoelen en banken. "Wat de SWI-ers hebben geleverd is in een woord geweldig. Ze hebben meerdere algoritmes bedacht die echt kosten kunnen besparen."

"Het idee van schaduwrijzen voor winkels die tegen hun capaciteit aanlopen is inspirerend! En het model dat toekomstige orders simuleert is alsof je een kristallen bol in handen hebt. Zelf vind ik dit de mooiste oplossing, maar ik weet nog niet of we die ook binnen ons bestaande systeem kunnen implementeren."



Neuraal netwerk. Bron: SWI-team IKEA

Ook Yasmin Roshandel en haar groepsgenoten zijn enthousiast; ze overwegen zelfs een publicatie in een vakblad over hun oplossingen. Hierbij hebben ze een hoop ideeën om machine learning te gebruiken om de algoritmes te voeden met informatie uit het verleden. Roshandel: "IKEA had hun probleem heel goed geformuleerd: ze wisten wat ze hieruit wilden halen en we kregen alle ingrediënten voor een vliegende start. Daardoor konden we veel voor elkaar krijgen."

Waardevol

De SWI-algoritmes zijn volgens De Munck mooie startpunten. Toch is er nog veel werk nodig om ze klaar te maken voor de veel complexere werkelijkheid van IKEA. Om de SWI-ers een vliegende start te geven, heeft De Munck zijn casus namelijk net als bij voorgaande edities "gigantisch versimpeld. Ik houd ervan om het probleem al zover mogelijk in te kaderen. Als opdrachtgever krijg ik meer uit de week als de wiskundigen hun kwaliteiten helemaal kunnen richten op slimme oplossingen verzinnen."

Producten hebben in de SWI-casus bijvoorbeeld een gewicht, maar geen afmetingen; magazijnen hebben een product óf onbeperkt op voorraad of helemaal niet. Ook het aspect tijd is platgeslagen. Orders moeten op een dag worden geleverd; ze worden niet doorgeschoven naar rustiger tijden. Dat lijkt weinig realistisch, maar laat wel de essentie van het capaciteitsprobleem zien.

Ook oplossingen voor versimpelde problemen zijn waardevol, vindt De Munck. Hij prijst de grote nieuwsgierigheid van de deelnemers: "Ze pellen je vraagstuk helemaal uit en komen met oplossingen die je zelf nooit had bedacht. Dankzij het optimale algoritme kunnen wij bijvoorbeeld zien hoe ver onze eigen webshop boven de laagst mogelijke kosten zit. Heel handig."

Roshandel: "Deze week was heel intensief, maar ik heb enorm genoten! Ik zou andere promovendi zeker aanraden om mee te doen aan SWI. Je leert mensen kennen, je ontdekt hoe het is om samen te werken met bedrijven, en je komt allerlei wiskundige technieken tegen die je nog niet kent. Leuk én waardevol."