

van de batterij aan het eind van de dag als de zon niet meer schijnt.

Interessant genoeg zien we dat de meerwaarde van de batterij het hoogst is in de lente en de herfst en niet in de zomer. Door de hoge hoeveelheid opgewekte energie in de zomer is er maar een beperkt aantal mogelijkheden waarop de energie in de batterij nodig is voor het laden van de bussen. In de lente en de herfst komt dit, door beperktere opwekking vaker voor en heeft de batterij een grotere meerwaarde.

Lessons learned

In dit project hebben RSM en de RET nauw samenwerkt om de implementatie van de elektrische bussen zo soepel mogelijk te laten verlopen. In de verschillende fasen hebben we de nodige zaken geleerd. Zo werd al snel duidelijk dat de impact van het elektrificeren van de bussen van de RET niet onderschat moet worden en dat dit vraagt om een grote verandering aan de materieelinzet. In fase 1 hebben we de impact van vertragingen gezien, waarbij zelfs conservatieve offline laadstrategieën niet kunnen voorkomen dat bussen in de problemen kunnen komen. Het is dan ook cruciaal om real-time bijsturing toe te passen om ervoor te zorgen dat bussen met lage batterijniveaus extra laadmomenten toegewezen krijgen. Ten slotte hebben we gezien dat een netwerk met een hub voor het laden van de bussen zeer geschikt is voor het gebruik van lokaal opgewekte hernieuwbare energie en dat in zo'n situatie energieopslag maar beperkte toegevoegde waarde heeft. In december van 2019 zijn de eerste bussen volgens planning opgenomen in de dienstregeling.

LITERATUUR

- A. Abdelwahed, P.L. van den Berg, T. Brandt, W. Ketter and J. Mulder (2020). *A boost for urban sustainability: optimizing the electric transit bus network in Rotterdam*. Submitted for publication.
- A. Abdelwahed, P.L. van den Berg, T. Brandt, J. Collins, W. Ketter (2020). *Evaluating and Optimizing Opportunity Fast-Charging Schedules in Transit Battery Electric Bus Networks*. To appear in Transportation Science.

PIETER VAN DEN BERG is als universitair docent verbonden aan de Rotterdam School of Management, Erasmus University. Naast zijn onderzoek naar de elektrificatie van busvervoer richt hij zich op de logistiek van on-demand dienstverleners zoals ambulances, taxi's en wegwacht. Voor dit onderzoek ontving hij in 2019 een NWO Veni beurs. E-mail: vandenbergr@rsm.nl



Als muzikieliefhebber kan ik enorm genieten van de composities van gitaristen als Stevie Ray Vaughan, Eric Clapton of David Gilmour maar ook van minder bekende zoals Guthrie Govan, Anne Soldaat of Jeff Beck. Hun composities zijn soms ongelofelijk complex, dan weer simpel, alles met als doel de gitaar een verhaal te laten vertellen, een gevoel over te brengen. Als amateurgitarist doe ik verwoede pogingen hun spel te benaderen, dat lukt slechts ten dele aangezien ik niet over hun vakmanschap, creativiteit en ervaring beschik. Als ik hun composities uitwerk en analyseer komt hun vakmanschap nog duidelijker naar voren. Als je dan weet dat sommige composities in een hele korte tijd geschreven zijn, zoals bijvoorbeeld *Wonderful Tonight* van Eric Clapton¹ stijgt mijn bewondering nog meer.

Modelleren is als Soleren

Naast amateurgitarist ben ik ook Operations Research-consultant. Op het eerste gezicht lijken deze twee activiteiten weinig met elkaar te maken te hebben, ze hebben echter veel met elkaar gemeen. Of je nu een goede gitarist of een goede OR-consultant wil zijn, vakmanschap, creativiteit en ervaring zijn voor beide van groot belang. Het succes van een gitaarsolo of een beslismodel hangt in hoge mate af van het vakmanschap en de creativiteit van de 'artiest'. Modelleren of op een gitaar soleren is een vaardigheid, een vak dat met veel oefenen kan worden geleerd. Leren soleren op een gitaar start met het spelen van eenvoudige patronen waarna steeds meer complexiteit kan worden toegevoegd totdat een het gewenste resultaat wordt bereikt. Het proces om een beslismodel te maken gaat analoog, het is een iteratief proces dat begint

Modelleren, een vak apart

met heel eenvoudige modellen. Het model zal geleidelijk in complexiteit groeien totdat alle relevante details en voorwaarden zijn verwerkt. De stapsgewijze benadering zorgt voor frequente feedback, wat leidt tot een beter begrip van het beslissingsprobleem (of gitaarsolo). Een dergelijke aanpak schept ook vertrouwen in het (model) leerproces en de resultaten.

Niet alles is uit data te leren

Het ontwerpen van een goed beslismodel is een cruciale factor in het succesvol aanpakken van een praktisch vraagstuk. Naar mijn gevoel wordt er in de praktijk echter steeds minder aandacht aan modelleren gegeven. In plaats van goed na te denken, gebruiken we de computer steeds meer om geautomatiseerd een model te maken dat een acceptabele oplossing oplevert. In de huidige praktijk wordt met data en een algoritme een model geschat om bijvoorbeeld het volgende onderhoudsmoment van een machine te voorspellen. Voor een individuele machine kan zo'n model prima werken, het is bovendien relatief eenvoudig en snel te maken. Echter de beslissing om onderhoud uit te voeren kan veel complexer zijn dan alleen het vaststellen van het uiterste onderhoudsmoment. Er moet bijvoorbeeld onderhoudscapaciteit worden gereserveerd, eventueel te vervangen onderdelen moeten op voorraad zijn en de gemiste productie moet worden ingehaald. Mogelijk zijn er ook beperkingen op het aantal machines dat tegelijkertijd in onderhoud mag. Deze aanvullende en machine-overstijgende beperkingen zijn echter niet uit data te leren. Met de juiste ervaring en vakmanschap kunnen deze aanvullende eisen snel duidelijk worden en in het beslismodel worden verwerkt.

Modeleren, een waardevol vak

Hoewel er veel vooruitgang wordt geboekt op het gebied van automatisch uit data leren zal kunstmatige intelligentie voorlopig niet in staat zijn modellen die alle relevante praktische details bevatten voor ons te creëren. Het blijft handwerk waarin vakmanschap, creativiteit en ervaring van groot belang zijn. Dat wil niet zeggen dat het een langdurig proces hoeft te zijn. Ik kom regelmatig in de situatie waarin in een paar uur het benodigde model al klaar is, soms tot verbazing van de klant. Is het probleem dan zo eenvoudig? Dat is het zeker niet, de snelheid is het gevolg van ervaring en kennis, het vraagstuk kan nog steeds onverminderd complex zijn. Het laat zien dat goed kunnen modelleren een krachtig instrument voor een OR-consultant is dat veel waarde heeft, wat overigens niet altijd goed over te brengen is aan een klant die alleen naar de bestede tijd kijkt. Niemand minder dan Pablo Picasso maakte dat duidelijk toen een bewonderaar aan hem vroeg een schets op een servet te maken. Picasso stemde beleefd in, voerde het werk snel uit en gaf het servet terug – maar niet voordat hij om een vrij aanzienlijk bedrag vroeg. De bewonderaar was geschokt: 'Hoe kun je zoveel vragen?' Het kostte je een minuut om dit te tekenen! 'Nee', antwoordde Picasso, 'Het kostte me 40 jaar'.

NOOT

1. Het verhaal gaat dat Eric Clapton dit nummer schreef het terwijl hij op zijn vrouw Pattie Boyd wachtte om samen uit te gaan.

JOHN POPPELAARS, Directeur LITIC B.V.
E-mail: john.poppelaars@litic.com