ArRangeer – Smart Railroad Maintenance Engineering with Stochastic Model Checking

ArRangeer: slimmer beslissen in onderhoudsvraagstukken

Onderhoud van het spoor is een complex proces, waarbij vele afwegingen moeten worden gemaakt. Aan de ene kant kost onderhoud tijd en geld, aan de andere kant zorgt tijdig onderhoud voor lagere kosten en minder hinder door storingen. De vraag is daarbij steeds: wat is de optimale balans? Het onderzoeksteam van ArRangeer werkt aan een beslissingsondersteunend systeem dat verschillende onderhoudsstrategieën met elkaar vergelijkt, om vervolgens de meest optimale oplossing te voorspellen. ArRangeer is een onderzoeksproject in het kader van ExploRail, en wordt gefinancierd door NWO Maatschappij- en Gedragswetenschappen, Technologiestichting STW en ProRail

Hoe kan onderhoud zodanig worden georganiseerd dat het spoor zoveel mogelijk beschikbaar blijft terwijl de onderhoudskosten zo laag mogelijk worden gehouden? Dat is een lastige vraag, vindt ArRangeer-onderzoeksleider Mariëlle Stoelinga die verbonden is aan de Universiteit Twente. ‘Je dient inzicht te hebben in de zogenoemde faalmodi: er zijn allerlei verschillende dingen die kapot kunnen gaan. De vraag is hoe al die faalmodi met elkaar samenhangen. Als de ondergrond van een bepaald stuk spoor verzakt, dan versnelt dat onder andere het optreden van problemen in de elektrische scheidingslassen.’

Op dit moment wordt onderhoud aan het spoor gepland op basis van ervaring – dus zonder dat al deze factoren expliciet in een model met elkaar in verband worden gebracht. ‘Ons model doet dat wel, zodat een integrale afweging mogelijk wordt’, aldus Stoelinga.

STW connecting innovators
ProRail
ExploRail
NWO Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Spelen met parameters
Het beslissingsondersteunende systeem dat onder leiding van Stoelinga wordt ontwikkeld staat gebruikers toe te 'spelen' met de verschillende parameters. Om dat te illustreren, vergelijkt ze het onderhoud aan het spoor met het onderhoud van een personenauto. 'Wanneer je je auto elke maand naar de garage brengt voor een beurt, dan lopen de kosten alsmede het ongemak van het niet ter beschikking hebben van de auto sterk op, terwijl het aantal storingen nauwelijks zal afnemen.' Dat geldt ook voor degradatie van spooronderdelen. Door in het beslissingsondersteunende systeem de parameters te variëren, ontstaat een beeld van de meest optimale onderhoudsstrategie.

Binnen het systeem is een belangrijke rol weggelegd voor zogenoemde foutenboomanalyse. Dat is een methode om de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van apparatuur – zoals ook ruimtevaartuigen en kerncentrales – door te rekenen. In foutenboomanalyses wordt een boomvormig diagram gebruikt om per gebeurtenis na te gaan hoe die heeft kunnen plaatsvinden. ProRail gebruikt deze methodiek niet zelf, maar laat dit doen door partners als MOVARES.

'Op grond van literatuuronderzoek door onze promovendus Enno Ruijters hebben we de gangbare foutenboomanalyse uitgebreid met onderhoudsstrategieën', zegt Stoelinga. 'Hierdoor wordt zichtbaar hoe fouten op componentniveau kunnen doorwerken tot op het niveau van het gehele systeem. Dat leidt tot inzicht in hoe je dit kunt voorkomen, en hoe je tot een beter spoorontwerp kunt komen. Als je bijvoorbeeld van een bepaald onderdeel op dezelfde plek meerdere exemplaren installeert, dan ligt niet meteen alles plat wanneer een ervan de geest geeft.'

Twee casussen
De twee promovendi die het onderzoek uitvoeren – Enno Ruijters en Dennis Guck – bevinden zich inmiddels in de fase waarin ze hun model aan het testen zijn. 'We voeren op dit moment twee verschillende case studies uit', zegt Guck. De ene casus speelt binnen ProRail zelf. Baanvakken zijn elektrisch van elkaar gescheiden, zodat de verkeersleiding kan detecteren waar de treinen rijden. Het probleem is dat de zogenoemde scheidingslassen waarop dit systeem berust, nogal eens uitvallen. De andere casus speelt binnen NedTrain, en draait om

de gecomprimeerde lucht waarmee onder andere de remmen en deuren van treinen worden aangestuurd.'

De grote kracht van het beslissingsondersteunende systeem is de flexibiliteit ervan, zo benadrukken de onderzoekers. 'Dat komt doordat ons model heel snel aangepast kan worden', zegt Stoelinga. 'Het bestaat uit allemaal kleinere submodellen. We kunnen dus snel een component aanpassen zonder dat dit gevolgen heeft voor het geheel.'

Toch kent het systeem vooralsnog ook kwetsbaarheden. Een daarvan is de kwaliteit van de data waarmee gewerkt wordt. 'We zijn natuurlijk afhankelijk van aangeleverde data over de degradatie van onderdelen, verschillende faalmodi enzovoort. We weten niet altijd honderd procent zeker of de bijgehouden gegevens goed genoeg zijn voor dit onderzoek. Het is immers niet bekend hoe het spoor zou degraderen wanneer je helemaal geen onderhoud zou plegen.'

De eerste resultaten

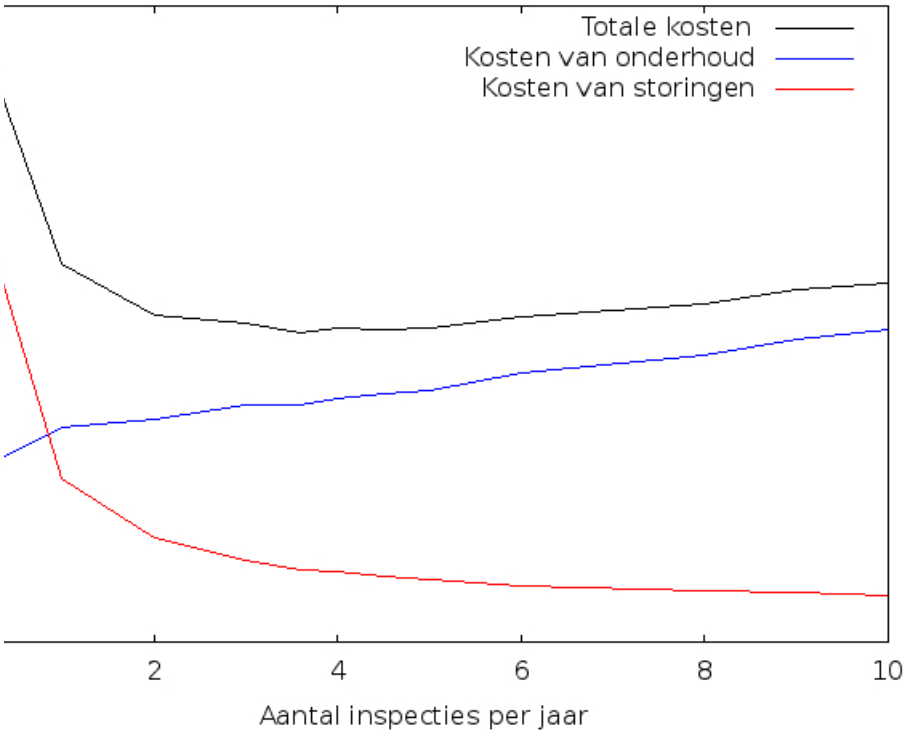
Niettemin hebben de twee casestudies al interessante resultaten opgeleverd. 'in het geval van de elektrische scheidingslassen biedt ons model voorzichtige aanwijzingen dat meer inspecties zouden kunnen leiden tot minder storingen', zegt Stoelinga. 'En aangezien zo'n storing duurder is dan een extra inspectie, zien we hier een gunstig effect op de kosten – al moeten we dat nog in meer detail onderzoeken. Binnen de spoorsector wordt namelijk gewerkt met zogenoemde kritische prestatie-indicatoren. Idealiter drukken die ook het maatschappelijk belang op de langere termijn uit. Onderhoudscontracten met aannemers duren vijf tot tien jaar, terwijl het maatschappelijke belang van het spoor natuurlijk een veel langere termijn beslaat.'

Een ander gevolg van de scheidingslas-casus is dat ProRail de huidige risico-analyses rond de las – door middel van zogenoemde FMECA's (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) – gaat aanpassen. Onder andere zal voortaan extra informatie over de faalcondities en de frequentie van het optreden van deze faalcondities in de analyses worden meegenomen.

ExploRail

‘Ook de NedTrain-casus levert al het een en ander op’, zegt Ruijters. ‘Het is duidelijk geworden dat storingen beter bijgehouden moeten worden. Want als je iets wilt verbeteren, moet je over inzicht beschikken in wat er fout gaat en waarom.’

Guck: ‘We zijn in beide casussen in staat gebleken op dezelfde manier te werk te gaan. Ook dat is een goed resultaat. Het project levert bovendien al veel wetenschappelijke publicaties op, die goed worden ontvangen.’



Ook buiten het spoor toepasbaar
‘Tijdens dit project zijn we erachter gekomen dat we door in onze instandhoudingsdocumenten een paar extra gegevens te verwerken een heus model kunnen opstellen’, zegt instandhoudingsmanagementadviseur Martijn van Noort, die

bij ProRail verantwoordelijk is voor de praktische toepasbaarheid van het onderzoek. ‘Kostenoptimalisatie is natuurlijk fantastisch, maar we moeten dan uiteraard wel de juiste gegevens kunnen leveren om de juiste modellen te kunnen maken en de juiste conclusies te kunnen trekken. Als we op basis van onze instandhoudingsconcepten inderdaad dergelijke modellen weten op te stellen, dan zullen we het onderhoud daadwerkelijk kunnen optimaliseren.’

Dat de inzetbaarheid van het beslissingsondersteunende systeem zich niet beperkt tot het spoor, wordt bewezen door andere projecten waarbij het team betrokken is. ‘We werken – in een parallel onderzoekstraject – aan een casus die de betrouwbaarheid betreft van kerncentrales’, zegt Stoelinga. Ook daar behalen we goede resultaten. Een ander parallel project gaat over cyberaanvallen. En binnenkort vertrekt Dennis naar het NASA Ames Research Center in de Silicon Valley, waar ze de foutenboomanalyse zo ongeveer hebben uitgevonden. Hij gaat daar modellen voor het vermijden van botsingen tussen rijdende wagens analyseren en valideren – dat wil zeggen: bepalen hoe goed ze zijn.’

Of het binnen afzienbare termijn tot nieuwe spoorprojecten zal komen is vooralsnog onduidelijk. ‘Mogelijk gaan we iets doen met wisselstoringen, maar zeker is dat nog niet’, zegt Stoelinga. ‘Onze prioriteit is momenteel het nog preciezer in beeld brengen van het degradatiegedrag van spooronderdelen.’

ExploRail