

Veilige en efficiënte inspectie van het spoor

Inzending Hendrik Lorentz Data Science Prijs

Clemens Schoone (Inspection), Huub van den Broek (CQM)



Nederland heeft het drukst bereden spoornet van Europa. Gemiddeld maken reizigers elke dag 1,1 miljoen treinreizen – in totaal 152 miljoen kilometers. Alle goederen leggen met elkaar 6 miljoen kilometer af. Het is dan ook van groot belang zorgvuldig en efficiënt met het spoor om te gaan. Veiligheid en betrouwbaarheid staan hierbij natuurlijk voorop. Door monitoring en inspectie van spoorstaven en -wissels is het mogelijk beginnende defecten eerder te zien en vroegtijdig in te grijpen. Dit verhoogt niet alleen de veiligheid, maar ook de beschikbaarheid van het drukbezette spoor. Data Science speelt hierbij een belangrijke rol.

In 2016 zijn Inspection en CQM begonnen aan de ontwikkeling van automatische beeldherkenning voor spoorinspecties. Vroeger liepen hiervoor mensen langs het spoor, met alle gevaren van dien. Intussen maken speciaal uitgeruste treinen van ieder stukje rail een foto. Dat gebeurt drie of vier keer per jaar. Dit levert een enorme hoeveelheid beelden op die allemaal door inspecteurs van Inspection worden bekeken. Met behulp van Data Science en Deep Learning hebben Inspection en CQM een zelflerend systeem gemaakt voor het automatisch detecteren van mogelijke defecten op het spoor.



Inspection is een bedrijfsonderdeel van VolkerRail (een VolkerWesselsonderneming) dat gespecialiseerd is in de monitoring van infrastructuur. Voor ProRail inspecteert het bedrijf ongeveer de helft van alle spoortrajecten in Nederland.



CQM helpt organisaties complexe processen inzichtelijk te maken. Met wiskundige modellen creëren we inzicht en structuur om de juiste beslissingen te nemen en processen te analyseren.

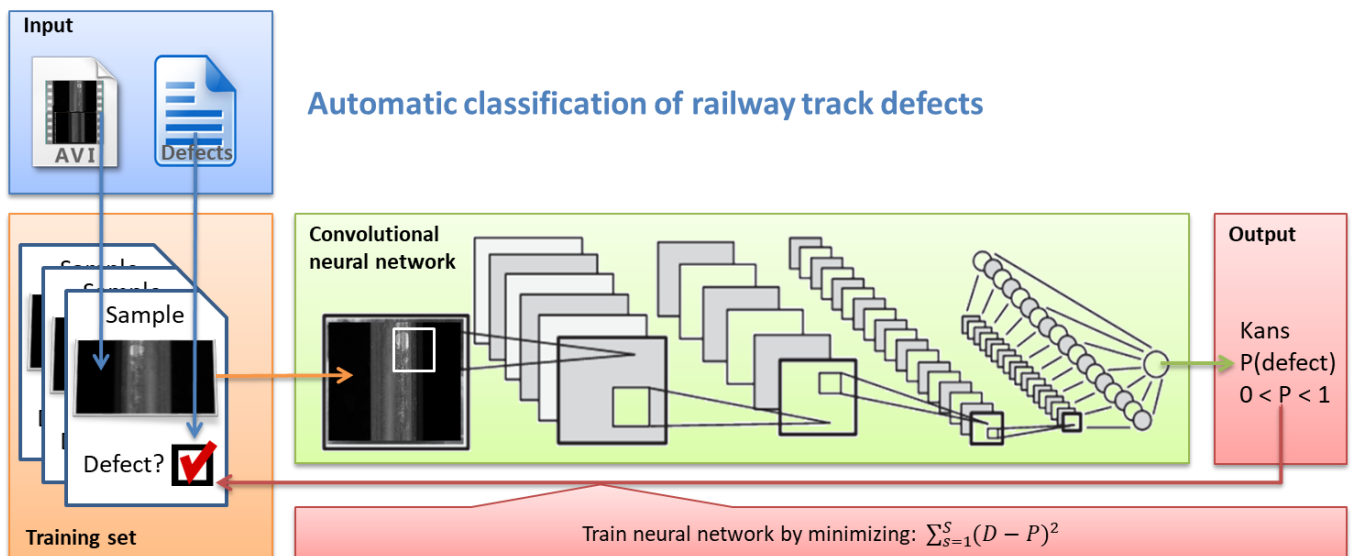
Data Science is al meer dan 35 jaar ons vak. Samen met Inspection ontwikkelde CQM een Deep Learning model en beeldapplicatie om de inspecteurs in de dagelijkse praktijk te ondersteunen bij de spoorinspectie.

Sherloc

Sherloc, de meettrein van Inspection levert een helder, accuraat en actueel beeld van de kwaliteit van wissels en sporen. Analisten kunnen met slimme software snel en haarfijn mogelijke problemen voorzien. Dat vergroot de veiligheid, beschikbaarheid en duurzaamheid van het spoornet. Sherloc is voorzien van geavanceerde systemen om te meten en inspecteren. Het nauwkeurige lasersysteem biedt een uiterst accuraat beeld van de omvang van sporen en wissels. Behalve het lasersysteem bevat de meettrein een video-inspectiesysteem dat elke halve meter een HD-foto van het spoor neemt. Door een nauwkeurig GPS-systeem weten we van elke foto en van elke meting tot op de centimeter nauwkeurig om welk stukje spoor of wisseldeel het gaat. Zo valt de status van het spoornet exact en efficiënt vast te stellen.

Automatische spoorinspectie

Automatische spoorinspectie met behulp van Deep Learning technieken is een voorbeeld van hoe Data Science in de praktijk kan werken. CQM ontwikkelde samen met specialisten van Inspection een zelflerend systeem voor het automatisch detecteren van mogelijke defecten op het spoor. Een convolutional neural network. Naast het trainen en gebruiken van het neurale netwerk, hebben we een proces gedefinieerd om de kwaliteit te kunnen blijven waarborgen en verder te verbeteren.

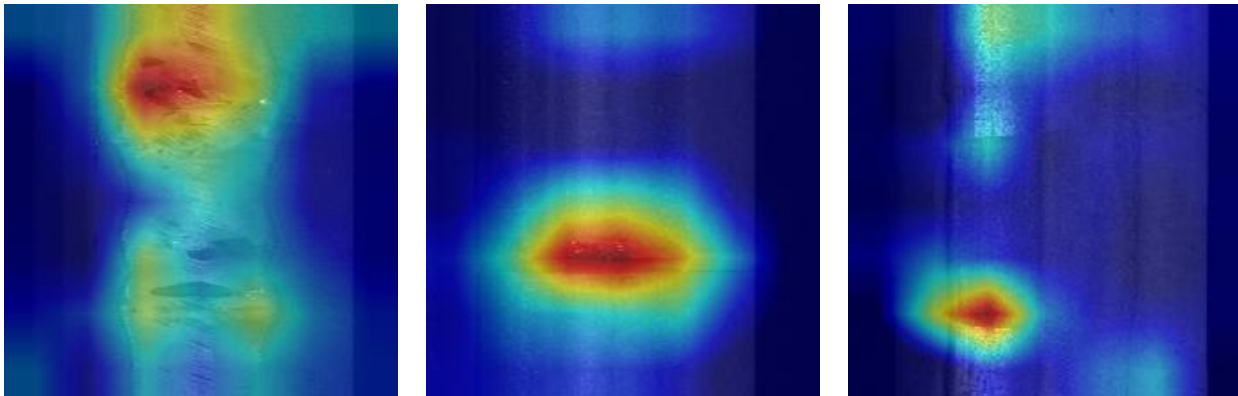


Deep Learning workflow voor automatische spoorinspecties

Data Science in de praktijk

Hoe train je nu een convolutional neural network? Dat hebben we gedaan met duizenden foto's die al door de inspecteurs waren beoordeeld. We hebben de foto's opgesplitst in drie sets (training-, validatie- en test-) om het netwerk te trainen, tunen en testen. Het netwerk is geïmplementeerd met behulp van het Google TensorFlow framework. Berekeningen worden uitgevoerd op speciale hardware, een Nvidia Titan X videokaart. We hebben gebruik gemaakt van transfer learning. Dat wil zeggen dat we een reeds voorgetraind neurale netwerk hebben gebruikt om de foto's te voorzien van veelvoorkomende kenmerken. En daarmee hebben we een maatwerk netwerk getraind voor het herkennen van specifieke defecten als deuken, krassen, roestvorming en diverse scheuren.

Een nadeel van het gebruik van neurale netwerken is dat de beslissingen die genomen worden vaak ondoorzichtig zijn. Het netwerk is een soort 'black-box'. Daarom hebben we naast de traditionele metrics (zoals accuracy en aantallen false positives / negatives) ook Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) toegepast om de kwaliteit van het Deep Learning netwerk te beoordelen. Hierbij wordt elke foto voorzien van een heatmap die de belangrijkste gebieden, met betrekking tot het voorspellen van een defect, op de foto markeert. Dit geeft de specialisten een gedetailleerd inzicht in de werking van het neurale netwerk, en daarmee vertrouwen in de toepassing ervan.

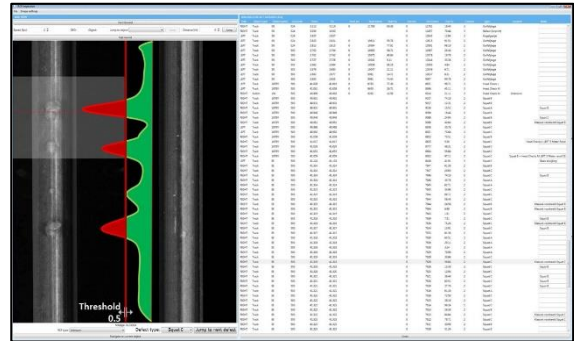


Met name dit soort slimme visualisaties maken het voor CQM mogelijk om deze complexe, relatief ondoorzichtige technieken toch vol vertrouwen in te zetten in de operationele praktijk!

Deep learning

Data Science is de term voor het winnen en analyseren van kennis uit data om daarmee beslissingen te ondersteunen. Een van de technieken uit Data Science is Deep Learning. Deep Learning is een onderdeel van Machine Learning. Het gaat om de inzet van kunstmatige neurale netwerken om slimme algoritmes te trainen in het ontdekken van patronen, en op deze manier waardevolle informatie te vinden in grote hoeveelheden (vaak ongestructureerde) gegevens. Deep Learning is gewoon wiskunde, maar door betere algoritmen, meer data en snellere hardware kan deze wiskunde nu op veel grotere schaal worden uitgevoerd. Recente toepassingen van Deep Learning in gebieden als beeldherkenning, spraakherkenning, vertaling, tekstanalyse en zelfs complexe bordspellen als Go en schaken hebben aangetoond vergelijkbaar of zelfs beter te presteren dan het menselijk brein.

Het getrainde neurale netwerk is in de bestaande beeldapplicatie van Inspectation verwerkt. De inspecteurs zien nog steeds dezelfde foto's en inspecteren op de vertrouwde manier. Maar in hetzelfde beeld zien de inspecteurs nu ook een grafiek die door het netwerk wordt aangestuurd. Die grafiek geeft de kans op een defect aan. De inspecteurs hebben nu ook de mogelijkheid om alleen 'verdachte' plekken op het spoor te bekijken waar de kans op een defect boven een bepaalde drempelwaarde uitkomt.



Voordelen

Visuele inspectie is een tijdrovende klus en bovendien onderhevig aan interpretaties van verschillende specialisten. Om de kwaliteitscontrole sneller, nauwkeuriger en robuuster uit te voeren kan dit proces met deep learning deels geautomatiseerd worden. De voordelen van automatisering zijn 3-ledig:

- De huidige kwaliteitscontroles kunnen in minder tijd worden uitgevoerd;
- Er ontstaat een objectieve maat voor kwaliteit;
- Bij het opschalen van de productie, zal de benodigde tijd voor inspecties niet lineair mee stijgen.

Financiële en maatschappelijke impact van spoorinspectie

Op dit moment wordt de automatische spoorinspectie dagelijks door de inspecteurs van Inspectation gebruikt. Het huidige systeem is zo ver dat de foto's voor 99 procent correct worden beoordeeld. De inspecteurs hoeven 80 procent van de foto's nu niet meer te bekijken. Hierdoor kan een inspecteur vijf keer efficiënter zijn werk doen. De overige foto's bekijken ze nog wel, maar dan om te beoordelen welke acties nodig zijn om de eventuele defecten te repareren.

Naast efficiency levert dit een betere staat van onderhoud op en dus meer veiligheid en beschikbaarheid van het spoor. Doordat de kwaliteit van de inspectie stijgt wordt ook de staat van onderhoud van het spoor beter. We zien beginnende defecten eerder en kunnen vroegtijdig ingrijpen als dat nodig is. Dit verhoogt niet alleen de veiligheid, maar ook de beschikbaarheid van het spoor. Dus ook minder reizigershinder door onderhoud.

In de toekomst biedt de huidige oplossing mogelijkheden om de meest bereden kritische sporen nog vaker te inspecteren en de kwaliteit nog verder verhogen. Verder kan de oplossing ook worden ingezet op het buitenlandse spoornetwerk of metro- en tramnetwerken. Daarnaast is de techniek geschikt om toe te passen voor het inspecteren van wegen, bruggen en tunnels.

Spoorinspectie in de media

De Deep Learning oplossing van CQM voor spoorinspectie door Inspectation is ook opgepikt door de landelijke pers. Hieronder een aantal quotes en bijbehorende links:

„In Nederland hebben we een druk bereden spoor waarbij veiligheid van personeel, het halen van een dienstregeling en een kwalitatief goede inspectie van groot belang zijn. ... Het algoritme helpt de inspecteur om 70% van het spoor te controleren of hier een defect zit en geeft aan waar mogelijk een defect zit. ”

- [Doe Maar Duurzaam](#) van RTLZ op maandag 29 januari 2018.

„Wij bewijzen dat wiskunde kan worden ingezet om mensen blij te maken en waarde te creëren bij bedrijven. Dat doen we in de logistiek, het plannen van die treinen is een voorbeeld, maar we kunnen het dus ook door wiskunde in te zetten bij innovatie, bijvoorbeeld bij het automatiseren van inspecties.”

- [Computer ziet kapotte rails](#) uit Eindhovens Dagblad van zaterdag 17 februari 2018.

„Doordat de kwaliteit van de inspectie stijgt wordt ook de staat van onderhoud van het spoor beter. We zien beginnende defecten eerder en kunnen vroegtijdig ingrijpen als dat nodig is. Dit verhoogt niet alleen de veiligheid, maar ook de beschikbaarheid van het spoor. Dus ook minder reizigershinder door onderhoud.”

- [Slimme beeldherkenning maakt spoorinspectie vijf keer efficiënter](#) van CQM.