



(Stock)

AUTEURS



Mollie Mary Torello en Xin Tian
(KWR)



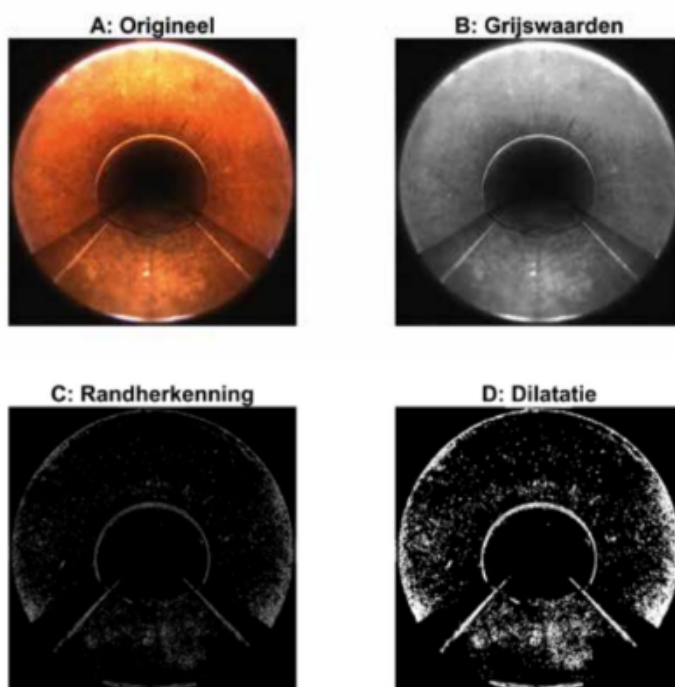
Peter van Thienen en Karel van Laarhoven
(KWR)

BEELDVERWERKING VOOR AUTOMATISCHE INTERPRETATIE VAN DRINKWATERLEIDINGINSPECTIES

Na de aanleg van een drinkwaternet is het de kunst om de onderhoudstoestand van de leidingen te bewaken. De hoeveelheid data die voor dit doel worden verzameld groeit enorm, zeker als het gaat om video-inspecties. Maar hoe vind je als drinkwaterbedrijf in zo'n groeiende databerg informatie waar je wat mee kan? In andere sectoren worden hiervoor al op grote schaal beeldverwerkingstechnieken gebruikt. Kan dit ook voor de drinkwatersector een oplossing zijn?

Netwerkbeheerders vertrouwen meestal op 'handmatige' schattingen uit statistische analyses en assetdata om de conditie van de leidingen te voorspellen. De laatste jaren wordt er echter ook gewerkt aan mobiele inspectieplatforms. Dergelijke apparaten gebruiken camera's en andere sensoren om het netwerk van binnenuit te beoordelen. Verdere ontwikkelingen in het veld zullen naar verwachting leiden tot het verzamelen van steeds grotere hoeveelheden data. Video-inspecties bijvoorbeeld zullen de drinkwatersector voorzien van miljoenen beelden van de binnenkant van de leidingen.

Voor drinkwaterbedrijven is het intekenen van de onderdelen van het leidingsysteem - zoals



Afbeelding 1. Het originele camerabeeld (A) wordt met enkele voorbewerkingstappen (B, C, D) omgezet in data waarin een computer naar patronen kan zoeken

leidingverbindingen - één waardevolle stap om de conditie van het leidingnet verfijnder in kaart te brengen. Er zitten echter miljoenen verbindingen in het leidingnet, waardoor het ondoenlijk is om ze met de hand terug te zoeken in inspectiedata. In dit artikel verkennen we de mogelijkheid om met automatische verwerking van video-inspecties de locatie van verbindingen te detecteren. Het werk is onderdeel van het project 'Het leidingnet in beeld' van KWR Water Research Institute.

Aanpak

De beelden in deze studie zijn gemaakt met twee verschillende apparaten die al bij Nederlandse waterbedrijven in gebruik zijn. Het ene is een inspectierobot (type PANORAMO van het bedrijf IBAK). Het andere is een camera door de leiding beweegt (van het bedrijf Quasset). Omdat de apparaten net verschillend zijn, produceren ze ook verschillende beelden. Beeldverwerkingsalgoritmen zullen daar mee om moeten kunnen gaan. Een voorbeeld van een opname met de IBAK is te zien in afbeelding 1A. Het conventionele proces van beeldverwerking begint met een voorbewerkingstap die het kleurcontrast verbetert. Vervolgens wordt segmentatie toegepast, waarmee verschillende elementen in het beeld kunnen worden onderscheiden aan de hand van kenmerken zoals helderheid en kleur. Daarna worden uit die segmenten abstractere

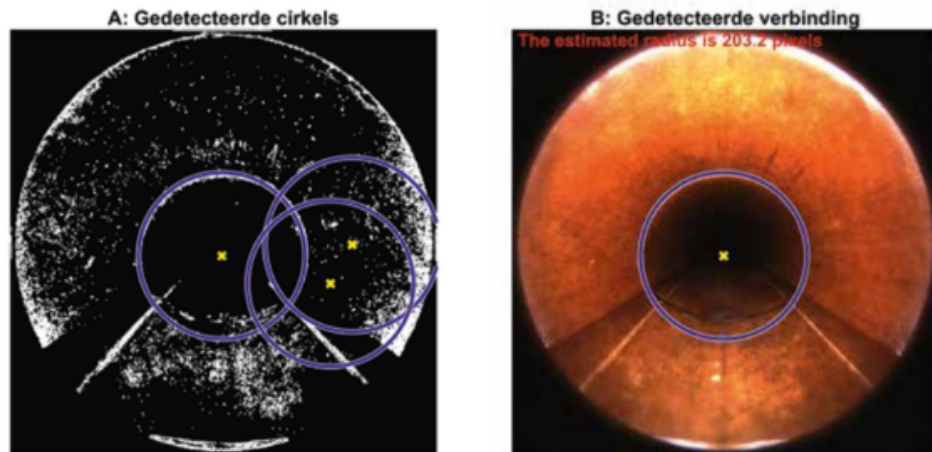
kenmerken geëxtraheerd, zoals vorm, middelpunt of diameter. Deze kenmerken zijn fundamentele informatie voor computers om objecten te herkennen of te detecteren. Ten slotte wordt de uit de beelden geëxtraheerde nuttige informatie samengevat en vertaald zodat systeemoperatoren de toestand van het systeem gemakkelijk kunnen begrijpen en op basis van deze informatie beslissingen kunnen nemen. Deze stappen worden hieronder toegelicht voor het herkennen van verbindingen.

Algoritme

De eerste stap in het beeldverwerkingsalgoritme is het omzetten van de gegevens in grijswaarden. Aan elke pixel wordt een grijswaarde toegekend voor de hoeveelheid gereflecteerd licht (afbeelding 1B). De stap naar grijschaalbeelden maakt verdere gegevensverwerking gemakkelijker.

Op basis van de verschillen in lichtintensiteit kan een randherkenningsalgoritme (*canny edge detection*) vervolgens de randen tussen objecten aanwijzen (afbeelding 1C). De randen worden daarna kunstmatig extra aangezet, 'overdreven' (*dilatatie*) om een betere weergave van de gevonden objecten te tonen. (afbeelding 1D).

In afbeelding 1D zijn verschillende lijnen te onderscheiden, zoals de cirkel die de verbinding markeert, maar ook de diagonale lijnen die het spoor weergeven dat de



Abbeelding 2. De cirkels die met Circle Hough Transform (CHT) in het camerabeeld worden gedetecteerd (A) en de verbinding die hieruit wordt gefilterd met een extra hierop toegespitst algoritme

inspectierobot achterlaat. Om een computer in staat te stellen om alleen de verbinding te detecteren, wordt vervolgens een algoritme op de gedilateerde randen toegepast dat bij uitstek geschikt is voor het detecteren van cirkelvormige patronen: de zogenaamde Circle Hough Transform (CHT). Afbeelding 2A laat zien welke cirkels het algoritme in de voorgaande stappen heeft weten aan te wijzen. Om de irrelevante cirkels te verwijderen, wordt als laatste stap in het algoritme een filter toegevoegd om die cirkels uit te sluiten waarvan de middelpunten niet in het midden van het beeld liggen. Op die manier blijft enkel de cirkel over die overeenkomt met de verbinding, zoals te zien is in afbeelding 2B.

Bovenstaand algoritme kan worden losgelaten op ieder beeld in een video van de leiding. In sommige van die beelden is te veel ruis aanwezig om cirkels te kunnen detecteren. Eén verbinding is echter in meerdere opeenvolgende beelden te zien; iedere verbinding wordt uiteindelijk gedetecteerd op basis van de samenhang tussen 'naburige' beelden.

Intekenen van de gedetecteerde onderdelen

Het beschreven algoritme kan dus in een video aanwijzen in welke beelden een verbinding te zien is en in welke niet. Om de verbindingen in te tekenen in het leidinginformatiesysteem is het bovendien nodig om bij ieder individueel beeld ook de bijbehorende plaats van de robot in het leidingnet te weten. Voor het automatisch bepalen van de exacte plek van leidingonderdelen is dan ook, behalve een algoritme om (bijvoorbeeld) verbindingen en kleppen te herkennen, ook een adequate positiebepaling van de camera nodig. Ook voor andere mogelijke inspectiedata is het essentieel om de meting

te koppelen aan de betreffende locatie en leiding. Alleen dan kunnen de drinkwaterbedrijven op basis van de inspecties hun beslissingen over specifieke leidingen aanscherpen.

Beperkingen van 'klassieke' beeldverwerking

In bovenstaande casestudie kunnen we zien dat deze conventionele beeldverwerkingstechnieken ons al enorm kunnen ondersteunen bij de verwerking van grote hoeveelheden inspectiedata. Er zijn echter ook beperkingen.

De succesvolle toepassing van beeldverwerking is in dit geval te danken aan het feit dat het algoritme is toegespitst op de precieze kenmerken van het doelwit: een ronde verbinding in het midden van het beeld. Het algoritme is daardoor echter niet flexibel genoeg om het in te kunnen zetten voor andere zaken die het detecteren waard zijn, zoals de locaties van aanboringen, beginnende scheuren, of aantasting. Het algoritme voor verbindingen maakt gebruik van het feit dat alle verbindingen er over het algemeen hetzelfde uitzien. De vorm van aspecten zoals scheuren en aantasting zijn veel diverser, waardoor het ook moeilijker wordt om een toegespitst algoritme te ontwerpen.

Een nog belangrijkere beperking is dat een algoritme enkel op een te detecteren aspect kan worden toegespitst als we weten waar we precies naar zoeken. Dat betekent dat we onbekende afwijkingen op deze manier niet gericht kunnen opsporen. Aangezien video-inspecties van drinkwaterleidingen nog niet breed worden toegepast, hebben we nog geen goed beeld van alle zaken die het detecteren waard kunnen zijn. Er is dus nog heel wat 'handmatige' ervaring nodig voordat beeldverwerkingsalgoritmen taken over kunnen gaan nemen.

Potentieel van 'moderne' kunstmatige intelligentie

Modernere kunstmatige-intelligentietechnieken (AI) zijn beter geschikt om diversere of onbekende objecten te detecteren. Met AI kan een zelflerend systeem objecten leren herkennen aan de hand van voorbeelden (*machine learning*), waarna ook nieuwe varianten van die objecten herkend worden. In andere sectoren is reeds aangetoond dat dergelijke algoritmen uiteindelijk zelfs beter kunnen worden dan mensen in het detecteren van objecten. Het is echter belangrijk om te benadrukken dat er wel duizenden tot miljoenen voorbeelden aan dergelijke algoritmen moeten worden aangereikt voordat ze op eigen kracht kunnen functioneren. Hoewel kunstmatige intelligentie een zeer krachtig middel kan zijn om onbekende of diverse objecten te detecteren, is het dus geen substituuft voor het opdoen van handmatige ervaring. De drinkwatersector zal toch eerst zelf aan de computers moeten uitleggen waar ze op moeten letten.

Vervolgstappen

Dit artikel laat aan de hand van een voorbeeld zien dat beeldverwerkingstechnieken toepasbaar zijn om objecten geautomatiseerd te herkennen in video-beelden van waterleidingen. Om verbindingen te detecteren werd de Circle Hough Transform-methode gebruikt – deze methode is bewezen doeltreffend bij het identificeren van cirkelvormige objecten. De beelden van de gedetecteerde verbindingen moeten daarnaast worden gekoppeld aan de meetlocatie. Dergelijke vormen van geautomatiseerde dataverwerking zijn cruciaal om video-inspecties van leidingen op grote schaal te benutten.

De eerste belangrijke stap om in de toekomst computers in te kunnen zetten bij het verwerken van inspectiedata is ervaring op te doen, zodat we uitvinden wát we precies uit onze inspecties willen halen. Aan de hand van die inzichten kunnen vervolgens klassieke of modernere beeldverwerkingstechnieken worden opgesteld en ingeregeld. In vervolgonderzoek is het daarom zaak om eerst meer inspectiebeelden door echte mensen te laten doorspitten.

Mollie Mary Torello, Xin Tian, Peter van Thienen, Karel van Laarhoven (KWR)

WATER MATTERS NO.14 JUNI 2022



istock

BRONNEN

KWR Water Research Institute, website geraadpleegd op 12-05-2022.
www.kwrwater.nl/projecten/het-leidingnet-in-beeld/

SAMENVATTING

Als een drinkwaterleiding eenmaal in gebruik is, wordt ze een 'zwarte doos'. Het is moeilijk om de toestand van de leidingen te blijven controleren. Informatie over de toestand van de leidingen is echter van vitaal belang voor een goed beheer en onderhoud door van het leidingnet. Is er bijvoorbeeld sprake van corrosie en scheuren in de leidingwanden? Wáár zit die kapotte verbinding precies? Vroeger konden deze vragen alleen worden beantwoord door een onderzoek ter plaatse uit te voeren. Tegenwoordig bieden nieuwe inspectierobots, veelal uitgerust met camera's, de mogelijkheid om de binnenkant van de pijpleiding te 'zien'. Deze innovatie leidt tot een nieuwe uitdaging: het interpreteren van een overvloed aan data. In deze studie demonstreren we het potentieel van geautomatiseerde verwerking van inspectiedata aan de hand van een voorbeeld: de automatische detectie van verbindingen in camerabeelden van het leidingnet.