

LECTORAAT COMPUTER VISION

# Onderzoeken, onderwijzen en ondernemen, zó dat 'het klikt'

Jaap van de Loosdrecht

Lectorale rede in verkorte vorm uitgesproken op 3 december 2015

KENNIS EN BEDRIJF



NHL

KENNIS EN BEDRIJF

'If I have seen further, it is because  
I have stood on the shoulders of giants.'

Isaac Newton

# Onderzoeken, onderwijzen en ondernemen, zó dat 'het klikt'

Jaap van de Loosdrecht

Lectorale rede in verkorte vorm uitgesproken op 3 december 2015

## Colofon

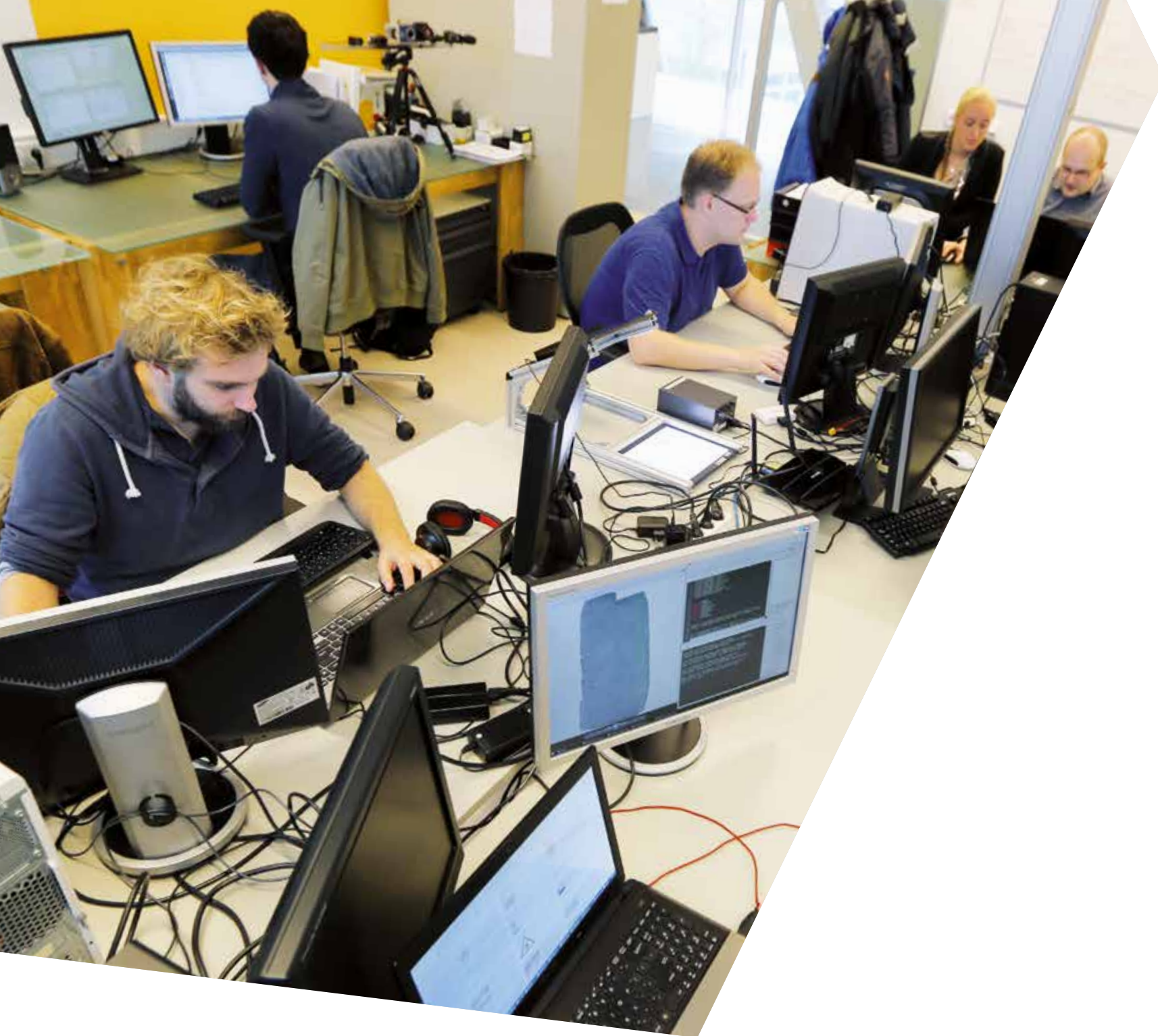
© Jaap van de Loosdrecht, Lectoraat Computer Vision  
NHL Hogeschool, Leeuwarden 2015

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van NHL Hogeschool.

**Tekst:** Jaap van de Loosdrecht  
**Oplage:** 200 stuks  
**Vormgeving:** NHL Hogeschool

© Foto's  
pagina 1, 10, 12, 16, 28, 34, 40, 48: Jaap van de Loosdrecht  
pagina 6, 14, 18, 22, 26, 30, 36, 38, 42: Friso Bruins  
pagina 8: Jurjen Backer Dirks  
pagina 18, 20: Klaas Dijkstra  
pagina 25: Mathys Breidenbach  
pagina 44: Janneke van de Loosdrecht

52 pagina's  
ISBN/EAN: 978-94-91790-09-6



# Inhoud

## Proloog 9

### 1 Achtergrond 13

#### 1.1 Computer Vision 13

#### 1.2 Het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision 15

#### 1.3 Identiteit 15

### 2 Ontwikkelingen en trends 19

#### 2.1 Ontwikkelingen in computer vision 19

#### 2.2 Trends in computer vision 21

### 3 Onderzoek, onderwijs en ondernemen 23

#### 3.1 Onderzoek 24

#### 3.2 Onderwijs 29

#### 3.3 Ondernemen 31

#### 3.4 Voorbeeld van integratie van onderzoek, onderwijs en ondernemen 33

### 4 Samenvatting en toekomstperspectief 41

## Epiloog 45

## Recente publicaties 49





‘It’s about... the moment it clicks.’

Joe McNally

## Proloog

Geacht College van Bestuur, zeer gewaardeerde toehoorders,

Het is mij een genoegen om hier te staan om mijn inaugurele rede te houden ter gelegenheid van mijn benoeming tot lector van het Lectoraat Computer Vision.

Mijn theoretische achtergrond ligt zowel in elektrotechniek als informatica. Ik heb een passie voor techniek en mijn drijfveer is nieuwsgierigheid naar nieuwe kennis. Na een carrière als software engineer in het bedrijfsleven, ben ik in 1989 in dienst getreden bij de NHL als docent. Samen met collega's heb ik daar de toen nieuwe opleiding Informatica vanaf het eerste jaar mogen opbouwen en vormgeven. In 1996 ben ik gestart met het Kenniscentrum Computer Vision en ik geef er vanaf dat moment leiding aan. Al sinds mijn jeugd zijn het vliegen met modelvliegtuigen en fotografie mijn grote hobby's. Het is een voorrecht dat ik deze hobby's kan combineren met mijn werk. Ik voel me dan ook goed thuis bij het Instituut Techniek van NHL Hogeschool.

Het is voor mij een eer om nu benoemd te worden tot lector van het prachtige Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision. Een kenniscentrum dat inmiddels zijn plaats heeft verworven op het gebied van computer vision, zowel in het hbo als in het bedrijfsleven,



en - daarvan ben ik overtuigd - in de toekomst nog tot vele mooie dingen in staat zal zijn. Ik wil graag mijn steentje bijdragen aan die toekomst.

In mijn rede van vandaag zal ik een schets geven van de onderzoeksagenda waarmee ik mij zal bezighouden samen met collega's en studenten uit het lab en bedrijven. Ik doe dat aan de hand van de onderdelen onderzoek, onderwijs en ondernemen. Het is de combinatie van deze drie die voor mij het werken op NHL Hogeschool zo aantrekkelijk maakt.

De essentie van mijn rede wil ik graag inleiden aan de hand van een voorbeeld. Uitgangspunt hierbij is de vraag: wat is er nodig om een goede foto te maken?

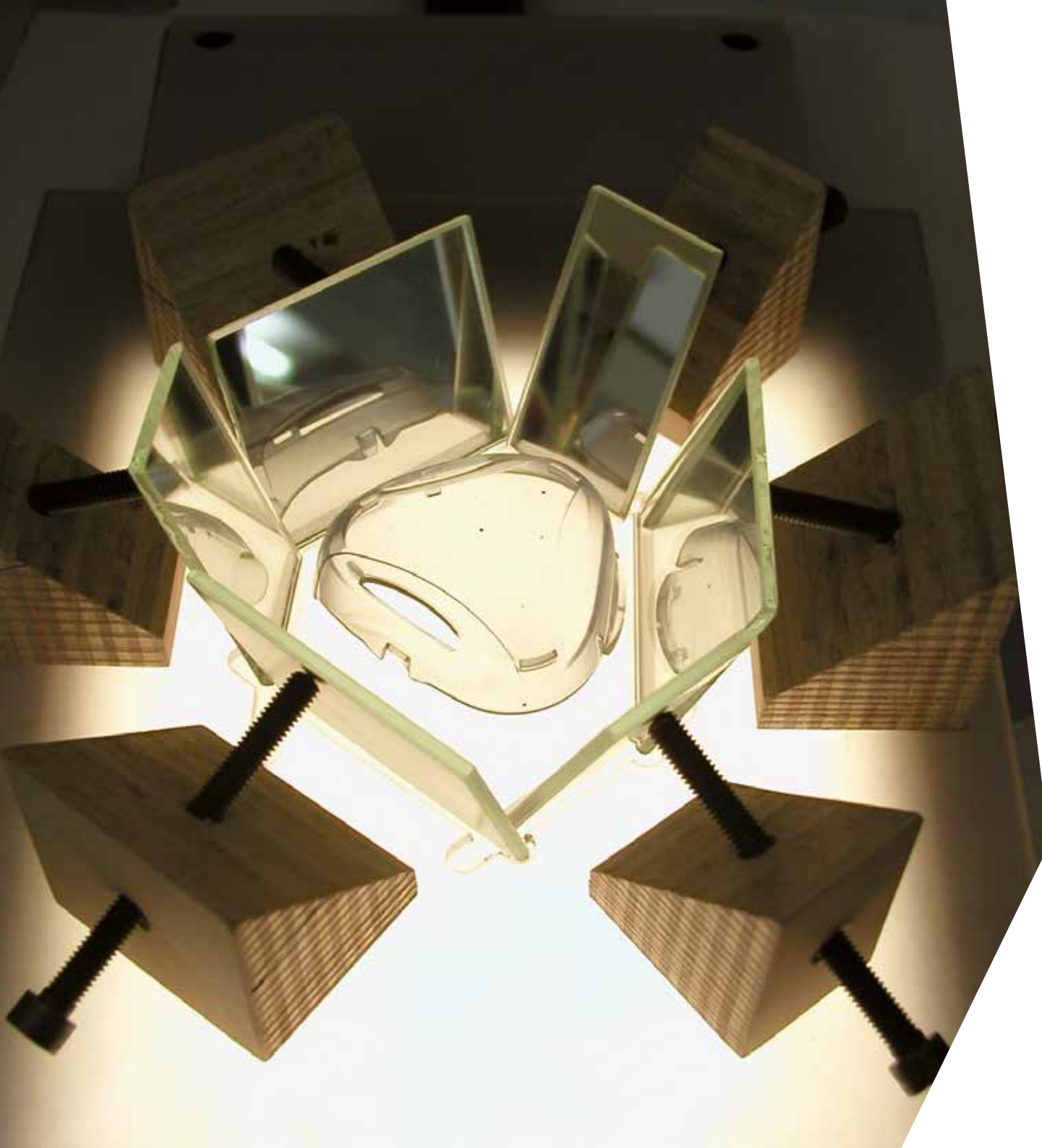
In dit geval een flink gemodificeerde Apache-helikopter, een voor de ongebruikelijke manoeuvre getrainde piloot, mooi weer, een goed fototoestel met telelens, een beetje geluk en een fotograaf die de camera goed instelt en op het juiste moment afdrukt. Om een goede foto te maken moet dus alles op het juiste moment op de juiste manier in elkaar grijpen. Het gaat om 'the moment it clicks'.

Dit voorbeeld brengt mij tot de essentie van mijn rede: wat zijn belangrijke succesfactoren om onderzoek, onderwijs en ondernemen bij elkaar te brengen, zó dat 'het klikt'?

Allereerst vertel ik wat over computer vision en het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision. Vervolgens ga ik in op trends en ontwikkelingen binnen computer vision. In het onderdeel Onderzoek, onderwijs en ondernemen en het bijbehorende voorbeeld uit de praktijk kom ik tot de eigenlijke beantwoording van mijn vraag. Aan het eind van mijn rede geef ik u mijn visie op het toekomstperspectief van het lectoraat & kenniscentrum.

Laten we beginnen.





'The real act of discovery lies not in finding new lands, but in seeing with new eyes.'

Marcel Proust

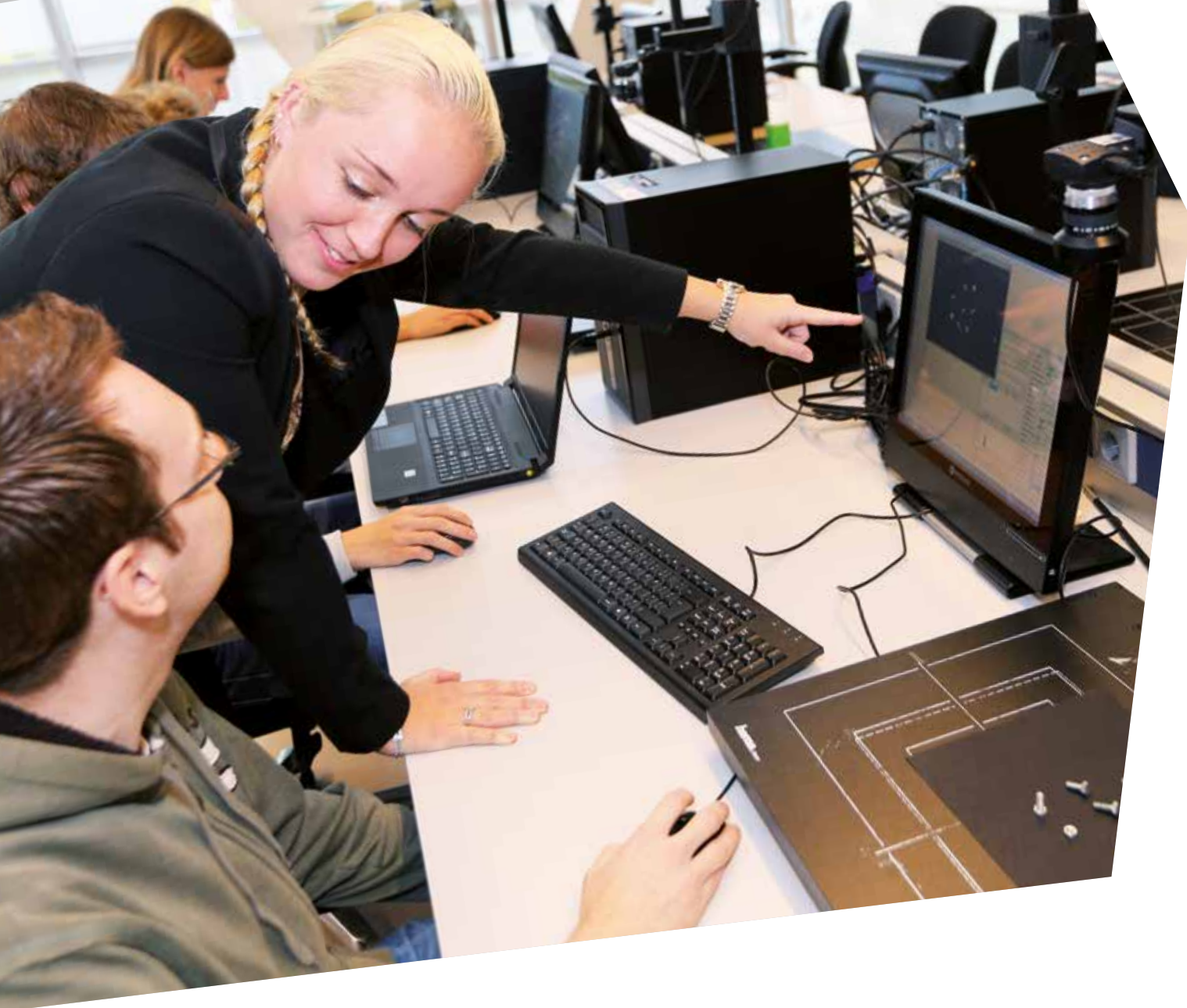
# 1 • Achtergrond

## 1.1 Computer Vision

Dit lectoraat draagt de naam Computer Vision. Maar wat houdt computer vision eigenlijk in? Computer vision is het automatiseren van visuele inspecties. Met behulp van een computer worden beelden geïnterpreteerd die met een camera zijn vastgelegd. Deze informatie kan vervolgens worden gebruikt om adviezen te geven of beslissingen te nemen. Voorbeelden hiervan zijn: kwaliteitscontrole, positie- en oriëntatiebepaling, sorteren van producten op lopende banden.

Voor veel bedrijven die producten maken of verwerken is visuele inspectie of meting belangrijk. Met behulp van computer vision is het in een groot aantal gevallen mogelijk om deze inspecties of metingen te automatiseren. Dit kan in veel gevallen bijdragen aan een goedkoper, flexibeler, zero-defect, first-time-right en arbeidsvriendelijker productieproces.

Computer vision is enabling technology voor alle, door de regering aangewezen, negen topsectoren en sluit bijzonder goed aan bij uitdagingen in High Tech Systemen en Materialen (HTSM) en Smart Industry. Op deze uitdagingen kom ik later terug.



**Afbeelding 1** Onderwijs in computer vision, geïnspireerd door ervaringen die zijn opgedaan bij uitgevoerde projecten in opdracht van het bedrijfsleven. Het cursusmateriaal wordt jaarlijks geactualiseerd en uitgebreid. Het cursusmateriaal wordt gepubliceerd op de website van het kenniscentrum.

## 1.2 Het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision

Het Kenniscentrum Computer Vision van de NHL is opgericht in 1996. De aanleiding hiertoe was een concrete vraag vanuit het bedrijfsleven: de eerste keer dat er sprake was van “the moment it clicks”. Het kenniscentrum begon klein met mij als parttime docent informatica die verantwoordelijk was voor zijn eigen budget. Het bleef niet bij deze ene vraag uit het bedrijfsleven en in de loop der jaren groeide het kenniscentrum uit tot een goed uitgerust laboratorium met landelijke bekendheid waaraan een lectoraat werd verbonden. Het lectoraat en het kenniscentrum Computer Vision werken nauw samen in één onderzoekslaboratorium onder de naam Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision.

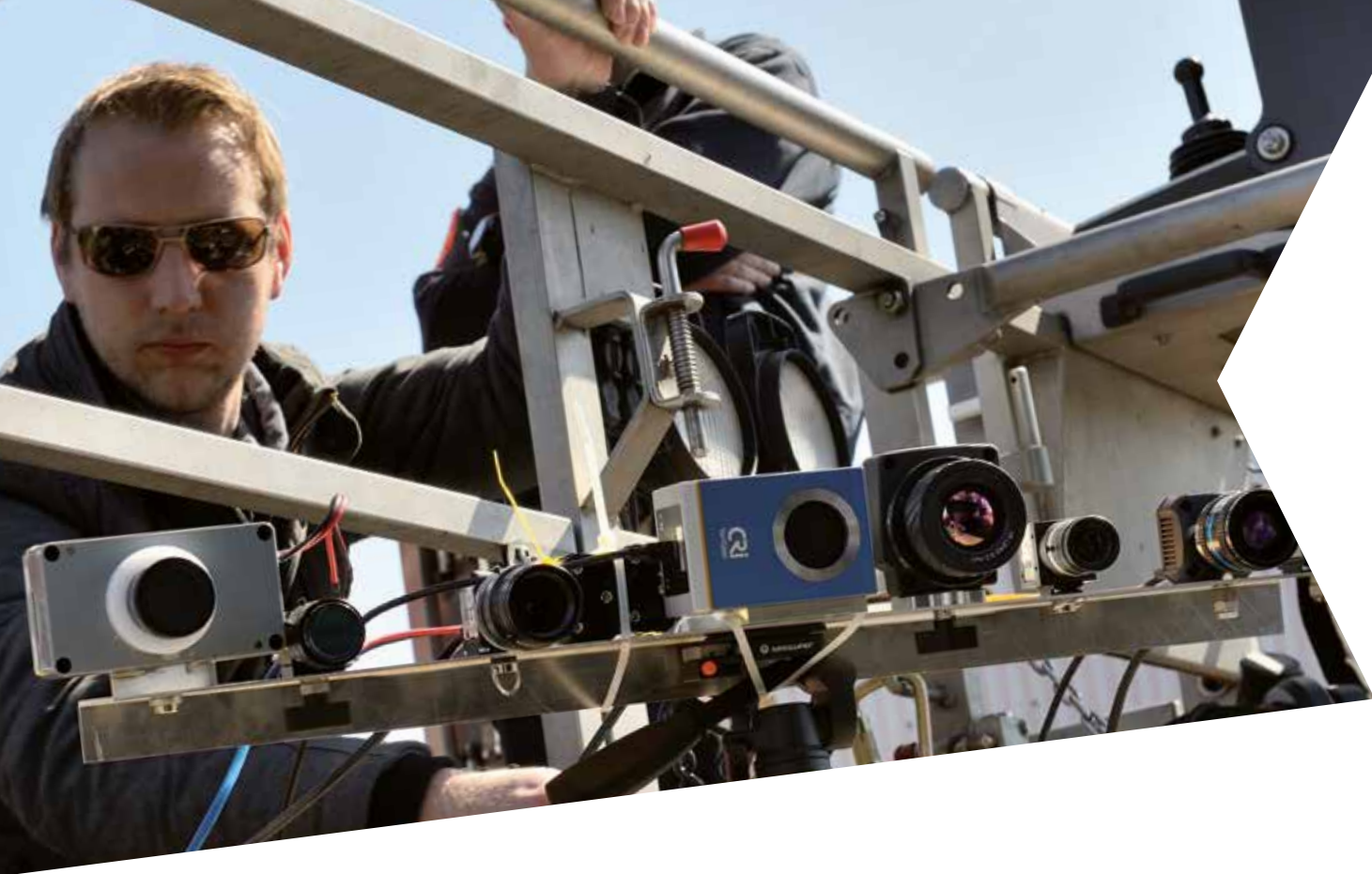
De gezamenlijke staf bestaat uit een lector, een onderzoeker en vijf projectingenieurs. Zo’n vijfhonderd studenten hebben door de jaren heen hun stage- of afstudeeropdracht bij het kenniscentrum uitgevoerd en meegewerkt aan de uitvoering van projecten. Hiervan waren er 45 uit het buitenland afkomstig in het kader van uitwisselingsprogramma’s met universiteiten en hogescholen uit bijvoorbeeld Spanje, Mexico, België, Finland en China. Het kenniscentrum & lectoraat heeft een uitgebreid relatiernetwerk opgebouwd door het uitvoeren van projecten voor bedrijven, deelname als exposant op beurzen, het geven van lezingen en workshops, contacten met leveranciers, contacten met universiteiten en kennisinstituten, publicaties, het organiseren van open dagen en het geven van cursussen.

Het vak Computer Vision wordt sinds 1997 aangeboden aan studenten van de NHL bij het Instituut Techniek. Daarnaast wordt het vak aangeboden als vijfdaagse cursus aan het bedrijfsleven. Speciaal voor het vak Computer Vision beschikt het lectoraat & kenniscentrum over een practicumzaal met daarin tien werkplekken met pc’s, camera’s en belichtingsapparatuur.

## 1.3 Identiteit

Omdat er een duidelijke marktvraag was, kon het kenniscentrum in 1996 starten zonder subsidies. Computer vision stond 20 jaar geleden nog in de kinderschoenen. Dit was voor de NHL het juiste instapmoment om zonder grote investeringen geleidelijk het kenniscentrum op te bouwen. Gezien de bescheiden omvang aan menskracht en middelen werd er gezocht





**Afbeelding 2** Klaas Dijkstra, onderzoeker bij het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision, voert een breedspectrum multi-spectraal (VIS, NIR, SWIR en LWIR) experiment uit voor brandhaardinspectie.

naar de niches in de markt: wat de groten niet willen en de kleinen niet kunnen. Er zijn veel projecten uitgevoerd voor het mkb waar het aan kennis ontbrak om zelf veelbelovende applicaties te ontwikkelen en aan middelen om dit door de 'groten' te laten doen.

### Kennisontwikkeling vanuit markt vraag

Het uitgangspunt bij de keuze voor projecten en onderzoeksgebieden is tot op vandaag: waar heeft het bedrijfsleven nu en straks behoefte aan, wat hebben wij al aan kennis in huis

en welke kennis moeten we ontwikkelen met het oog op de aanverwante domeinen in opkomst? Als gevolg van dit uitgangspunt is de kennisontwikkeling altijd markt vraag-gedreven. De markt vragen leiden tot haalbaarheidsstudies die worden uitgevoerd door de staf, docenten en studenten. Design Thinking wordt gebruikt als methodiek voor kennisontwikkeling. Deze kennisontwikkeling vindt, op een enkele uitzondering na, plaats zonder het inhuren van externe experts. Hierdoor worden de in de projecten opgedane kennis en kunde geborgd binnen de NHL en vervolgens verankerd in het curriculum van de technische opleidingen. Het lectoraat & kenniscentrum beschikt over een eigen labruimte waarin de staf samen met een wisselend aantal studenten en docenten de opdrachten uitvoert.

Het lectoraat & kenniscentrum is inmiddels uitgegroeid tot hét kenniscentrum op het gebied van computer vision binnen het technisch hoger beroepsonderwijs in Nederland. Omdat computer vision nog steeds de basis is van alle activiteiten van het lectoraat & kenniscentrum, heeft het deze sterke positie in het vakgebied kunnen behouden.

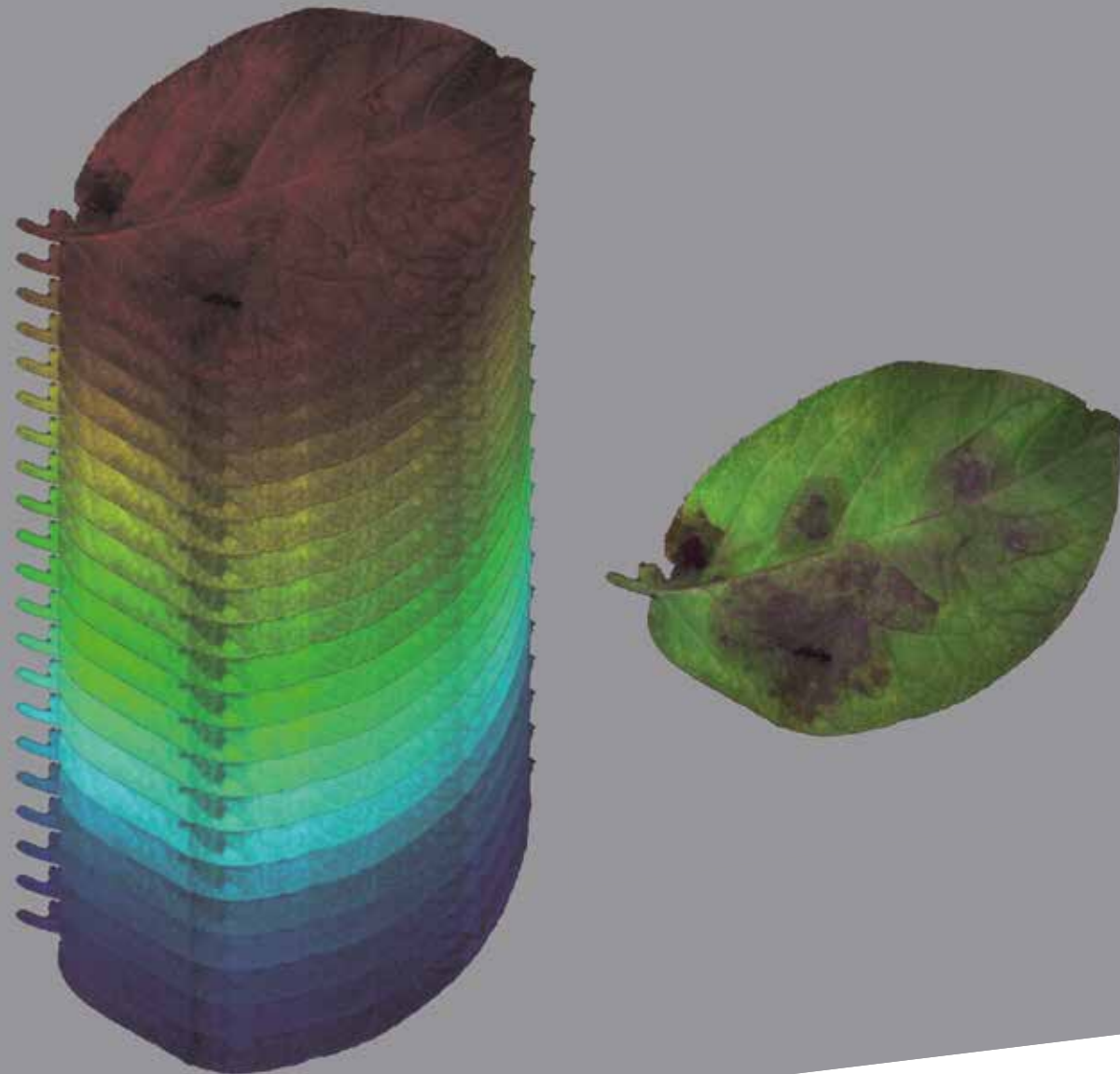
### Kracht van het lectoraat

In de loop der jaren heeft het lectoraat & kenniscentrum een gedegen kennis opgebouwd op het gebied van belichting, camera's, optiek, opstellingen, algoritmen voor beeldverwerking en embedding van computer vision-toepassingen in systemen of andere software. Daarnaast is gespecialiseerde apparatuur voor de gehele computer vision-keten in een eigen lab aanwezig. Deze combinatie van kennis en apparatuur is de grote kracht van het lectoraat & kenniscentrum.

Naast dit praktische aspect is een andere kracht van het lectoraat & kenniscentrum dat het methoden in de vorm van algoritmen toepast. Deze algoritmen baseren we op theorieën op het gebied van zowel computer vision als data science. We geven toepassingsgericht onderzoek vorm door het combineren van bestaande en nieuw ontwikkelde methoden en het dóórontwikkelen hiervan tot herbruikbare bouwstenen die beschikbaar zijn voor toekomstige projecten. Deze methodiek voor de ontwikkeling en verankering van methoden zorgt voor borging van nieuwe kennis binnen het onderzoek en het onderwijs.

Voor het lectoraat & kenniscentrum is het essentieel om de ontwikkelingen en trends op het gebied van computer vision en aanverwante domeinen goed in het vizier te houden, zodat hierop tijdig ingespeeld kan worden.

Over deze huidige ontwikkelingen en trends gaat het volgende hoofdstuk.



Afbeelding 4 Multi-spectrale foto en normale kleurenfoto van ziek aardappelblad

'Big Data is like sex in high school - lots of people are talking about it, but few are having it.'

Eric Hansen

'The Free Lunch is over: A fundamental turn toward concurrency in software.'

Herb Sutter

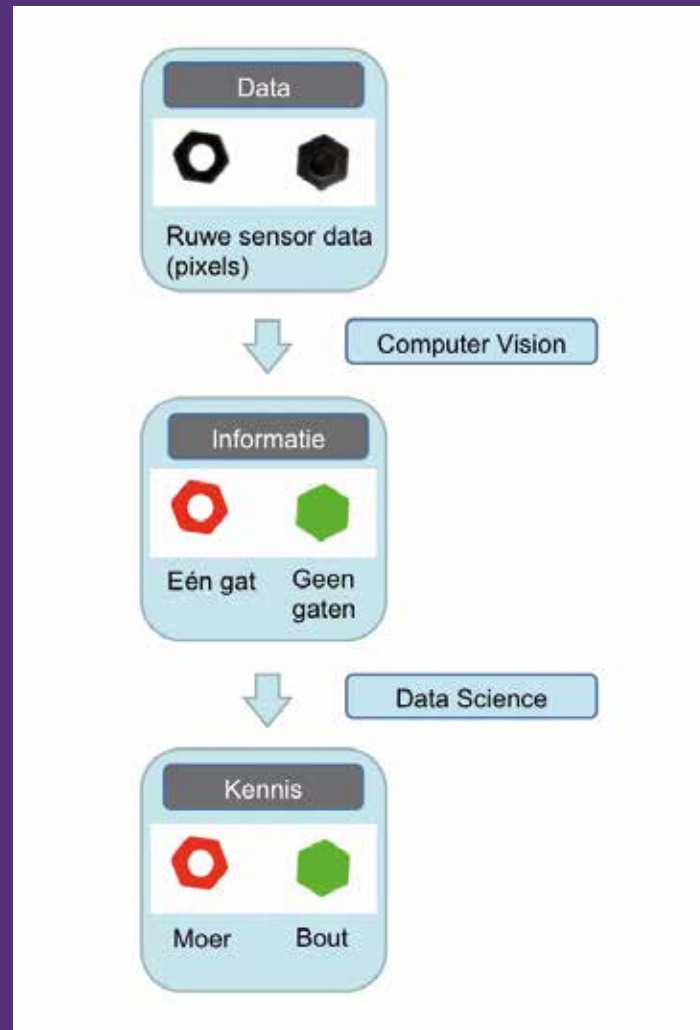
## 2. Ontwikkelingen en trends

### 2.1 Ontwikkelingen in computer vision

Op het gebied van computer vision zijn de volgende ontwikkelingen zichtbaar:

- Kwaliteitseisen voor producten worden strikter.
- De kosten om computer vision toe te passen nemen af, waardoor low budget computer vision-systemen mogelijk zijn geworden.
- Een toenemend aantal inspecties vereist 3D-metingen in plaats van 2D-metingen.
- Inspecties vereisen vaker multi-spectrale analyse.
- De vormfactor verkleint, daardoor zijn er meer vision-toepassingen mogelijk in mobiele apparaten.
- Er zijn veel nieuwe sectoroverschrijdende toepassingen, zoals in integrale veiligheid,





Afbeelding 3 Van ruwe data naar bruikbare kennis via computer vision en data science.

smart farming, serious gaming, multimedia, zorg & welzijn en Unmanned Aerial Vehicles (UAVs, ook wel drones genoemd).

- Sensor fusion, het gebruik van camera's in combinatie met andere sensoren, is in opkomst.
- Voor de complexere kwaliteitscontroles wordt steeds vaker gebruik gemaakt van data science (ook wel big data genoemd) en technieken uit het vakgebied van de kunstmatige intelligentie. Data science is het omzetten van ruwe (sensor) data naar (zinnige) informatie en kennis waarmee bedrijven producten en diensten kunnen verbeteren. Het verwerven van veel ruwe data is, mede door nieuwe computer vision-technologie, steeds eenvoudiger geworden. Door de hoeveelheid en complexiteit ervan zijn de verwerking en kennisontwikkeling vanuit deze data echter steeds moeilijker geworden.
- Door toename van de resolutie van beelden en het gebruik van steeds complexere algoritmen is extra processorkracht nodig. Omdat single-core processoren niet veel sneller geworden zijn sinds 2005, worden vaker multi-core processoren ingezet. Dit kunnen zowel de normale rekenkernen (CPUs) zijn, als ook de rekenkernen op grafische kaarten (GPUs). Om deze multi-core processoren te kunnen gebruiken, moeten de algoritmen geparalleliseerd worden. De ontwikkeling gaat naar het gecombineerd gebruik van CPUs en GPUs (Heterogeneous Computing).

## 2.2 Trends in computer vision

Uit de ontwikkelingen in de vorige paragraaf kunnen we verschillende trends afleiden. Omdat kwaliteitscontrole steeds belangrijker en complexer is geworden, wordt binnen steeds meer domeinen computer vision ingezet. Er is een toenemend aantal computer vision-toepassingen voor 3D, multi-spectraal en mobiel. Hierbij wordt steeds meer gebruikgemaakt van data science-technieken, parallelisatie van algoritmen en sensor fusion.



‘The science of today is  
the technology of tomorrow.’

Edward Teller

## 3. Onderzoek, onderwijs en ondernemen

Het is de taak van het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision om de verbindende schakel te zijn tussen het hbo en het beroepenveld. Het lectoraat & kenniscentrum moet zorgen voor het zodanig intensief samengaan van onderzoek, onderwijs en ondernemen, dat ‘het klikt’.

Wij helpen bedrijven te innoveren door academische kennis toepasbaar te maken en we leren studenten dit te doen, zodat ze in de toekomst als innovatieve professionals het bedrijfsleven kunnen versterken. Om dit te kunnen bereiken, is het lectoraat & kenniscentrum actief als onderzoeker en onderwijsgever, maar ook als ondernemer. Ik ga eerst in op elk van deze drie afzonderlijk. Ter afsluiting laat ik aan de hand van een voorbeeld uit de praktijk zien hoe synergie ontstaat.



## 3.1 Onderzoek

Alle kennis heeft een uiterste houdbaarheidsdatum. Deze zogenaamde halfwaardetijd is leidend bij de keuze voor de onderzoeksonderwerpen van het lectoraat & kenniscentrum. We investeren in kennis met een verwachte lange halfwaardetijd.

Computer vision is zoals gezegd enabling technology voor alle negen topsectoren in Nederland en is de kernactiviteit van het lectoraat & kenniscentrum. Aanvankelijk werden voornamelijk computer vision-projecten op het gebied van industriële automatisering uitgevoerd waarbij één camera als sensor gebruikt werd. Veel kennis over optiek, belichting, cameratechniek, algoritmie en het embedden in toepassingen werd bij deze projecten opgedaan.

De verworven kennis en ontwikkelde technieken werden later ook ingezet bij de toepassing van computer vision op het gebied van smart sustainable industries, smart farming, medische technologie, serious gaming, multimedia, calamiteitenbestrijding en zorg & welzijn.

### Data science, parallel computing en sensor fusion

Uit de eerder beschreven ontwikkelingen en trends blijkt dat data science in veel projecten een steeds prominentere rol is gaan spelen. Veel bedrijven zien kansen om door middel van analyse van grote hoeveelheden data op innovatieve wijze nieuwe producten en diensten aan te bieden. Het onderzoek dat het lectoraat op het gebied van data science doet, richt zich op de beantwoording van de twee hoofdvragen: hoe gaan we om met al die data en met behulp van welke technieken kunnen we data optimaal omzetten naar kennis?

Door middel van computer vision-algoritmen worden metingen verricht aan de te inspecteren objecten en met behulp van data science-technieken kunnen deze meetresultaten gebruikt worden om bijvoorbeeld objecten te classificeren. Data science omvat onder andere patroonherkenning en optimalisatietechnieken uit de domeinen kunstmatige intelligentie en statistiek, zoals: principal component analysis, linear discriminant analysis, genetische algoritmen, neurale netwerken en support vector machines.

Vrijwel alle (mkb-)bedrijven uit de smart industry draaien hun processing op goedkope commodity hardware, een normale pc dus. Omdat single-core processoren niet veel sneller geworden zijn sinds 2005, is er een toenemende behoefte aan parallelisatie van algoritmen



op multi-core CPU- en/of GPU systemen. Ook hierop richt ons onderzoek zich. Een andere trend is dat het aantal projecten waarbij meer dan één sensor gebruikt wordt, toeneemt. Daar is sprake van sensor fusion. Bij sensor fusion wordt data afkomstig van meerdere sensoren, al dan niet van verschillend type, gecombineerd tot informatie.

### Multidisciplinair

Een mooi voorbeeld van een project dat alleen gerealiseerd kon worden door een combinatie van computer vision, data science, parallel computing en sensor fusion-technologie, is Twirre, de architectuur voor autonoom vliegende multi-copters van de NHL.

De gebruikte technieken op het gebied van data science, parallel computing en sensor fusion zijn gemakkelijk algemeen toepasbaar te maken. Hierdoor zijn ze ook geschikt voor gebruik buiten het domein computer vision. Data science en sensor fusion kunnen worden ingezet bij data afkomstig van willekeurige sensoren en parallel computing is binnen de informatica breed toepasbaar om ook niet-computer vision gerelateerde algoritmen te versnellen.



Afbeelding 5 Prototype intelligente camera met multi-core CPU en GPU, beschikbaar gesteld door de Duitse fabrikant

## Nieuwe speerpunten

Naast de kernactiviteit computer vision zijn data science en parallel computing daarom belangrijke speerpunten geworden binnen het kenniscentrum. Twee speerpunten die naar mijn overtuiging een lange halfwaardetijd hebben. Dit biedt vanzelfsprekend nieuwe kansen, maar er zijn ook bedreigingen. De bedreigingen zijn dat het lectoraat & kenniscentrum de focus op computer vision verliest en daardoor zijn leidende positie kwijtraakt. Bovendien is het lastig om aan voldoende gekwalificeerd personeel en studenten te komen.

Het NHL Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision zou dan ook graag zien dat rond de genoemde speerpunten nieuwe lectoraten en/of kenniscentra worden opgericht om mee samen te werken en dat er op genoemde gebieden curriculum ontwikkeld wordt voor het hbo. Wij willen graag een bijdrage leveren om dit te realiseren. Aan het einde van mijn rede kom ik hierop nog terug.

Bij het initiëren en uitvoeren van toegepast onderzoek gaat het lectoraat & kenniscentrum door op de ingeslagen weg met acquisitie van zowel commerciële projecten als subsidietrajecten. Het zwaartepunt ligt daardoor bij marktvraag gestuurde en praktijkgerichte kennisontwikkeling. Er wordt echter ook ruimte gezocht voor kennisontwikkeling die (nog) niet rechtstreeks voortvloeit uit een directe marktvraag, maar waarvoor wij in de toekomst nieuwe mogelijkheden zien.

De uitdaging ligt in het creatief combineren van verschillende onderzoeksgebieden. Het is immers deze combinatie die leidt tot de ontwikkeling van innovatieve producten en diensten. Om deze combinatie te vinden, werkt het lectoraat & kenniscentrum intensief samen met het bedrijfsleven, andere kenniscentra, lectoraten binnen en buiten de NHL en universiteiten, zowel in Nederland als daarbuiten.

Het gedeelte over onderzoek sluit ik af met een opmerking over kennisvalorisatie. Volgens de definitie bestaat valorisatie uit activiteiten die te maken hebben met waardecreatie en het geschikt of beschikbaar maken van kennis: vertalen naar de praktijk, toepassen in de praktijk of zich laten inspireren. Kennisvalorisatie vindt plaats via de lijn van onderzoek naar onderwijs en de lijn van onderzoek naar ondernemen. Het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision is bij beide lijnen de verbindende schakel. Bij het bespreken van de onderdelen onderwijs en ondernemen komt de wijze waarop valorisatie van de resultaten uit het onderzoek gestalte krijgt dan ook aan de orde.





**Afbeelding 6** Smart Vision for UAVs-team voorjaar 2015 won de NHL Academy Award en de Leeuwarder Courant HBO-award. De leden komen uit: Spanje, Frankrijk, China, Mexico, Holland en Fryslân.

## 3.2 Onderwijs

“Een leven lang leren”, bijna dagelijks hoor je deze uitspraak. Dat dit zeker geldt voor mensen die opgeleid worden voor beroepen waarin techniek de hoofdrol speelt, spreekt voor zich. Nieuwe technologie wordt in een hoog tempo ontwikkeld. Nieuwe kennis ontstaat daardoor zo snel, dat oude kennis daarmee ook steeds sneller verouderd en soms zelfs overbodig wordt. We moeten erop gespitst zijn dat we studenten die bagage meegeven die ze nodig hebben. Dit vraagt om anticipatie op de toekomst en om overleg met het bedrijfsleven: aan welke kennis en vaardigheden is nu en in de toekomst behoefte?

Het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision verzorgt:

- het vak Computer Vision bij de opleidingen Informatica, Technische Informatica, Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde en Toegepaste Wiskunde;
- de minor Computer Vision, die via ‘Kies op maat’ nationaal wordt aangeboden;
- stage- en afstudeeropdrachten;
- de professionalisering van hbo-docenten, ook van andere hogescholen: zij worden opgeleid om het vak Computer Vision te geven;
- de opleiding van vo- en mbo-docenten om de workshop Computer Vision te geven;
- de cursus Computer Vision van een week voor het bedrijfsleven.

Het aanbieden van up-to-date kennis vraagt om een doorlopende vernieuwing van het bestaande curriculum. Het lectoraat & kenniscentrum draagt hieraan bij op verschillende manieren. Aan het eind van ieder semester worden de uitgevoerde onderzoeksprojecten geëvalueerd. De nieuw opgedane kennis en competenties worden geborgd binnen de NHL en verankerd in het curriculum. Hierdoor worden het vak en de minor Computer Vision geactualiseerd en uitgebreid, er is daardoor altijd sprake van state-of-the-art kennis. De ervaring opgedaan tijdens de projecten wordt ook gebruikt om gastlezingen te verzorgen op de gebieden data science en parallel computing.

### Kennisvalorisatie

De verbinding tussen onderzoek en onderwijs is een waardevolle vorm van kennisvalorisatie. Naast valorisatie in de vorm van actualisering en vernieuwing van het curriculum, wordt de zichtbaarheid van het onderzoek binnen het lectoraat & kenniscentrum voor de student bewust vergroot door studentopdrachten in de onderzoekslijnen en projecten te integreren. Bovendien is er voor studenten uit binnen- en buitenland de mogelijkheid om in het kader van een stage- of afstudeeropdracht actief mee te werken aan projecten die uitgevoerd worden door het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision.



Op verzoek van het toenmalige Senter Novem IOP Beeldverwerking (Economische Zaken) heeft het kenniscentrum in 2005 een plan opgesteld om de kennis op het gebied van beeldverwerking te verankeren bij het hbo en mkb in Nederland. Dit heeft geleid tot onder andere de oprichting van het 'Platform Beeldverwerking voor het hbo' door het kenniscentrum. Meer dan vijfendertig hbo-docenten, van elf hogescholen, hebben de vijfdaagse cursus Computer Vision van de NHL gevolgd. Met deze kennis konden deze docenten het vak Computer Vision introduceren op hun eigen hogeschool. Collega-docenten wordt de mogelijkheid geboden om aan onderzoek mee te werken in het kenniscentrum. De daar geleerde onderzoeksvaardigheden worden vervolgens weer overgebracht op de studenten van deze docent. Het NHL Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision stelt zijn Engelstalige onderwijsmateriaal online beschikbaar op [www.nhlcomputervision.nl/course](http://www.nhlcomputervision.nl/course). In het kader van uitwisselingsprogramma's is de cursus ook gegeven aan hogescholen en universiteiten in Noorwegen, Spanje en Ierland.

### Blended learning

Blended learning is een vorm van onderwijs die zich kenmerkt door het gegeven dat de student voor een groot deel zelf de plaats en het tijdstip bepaalt waar(op) hij zich de lesstof eigen maakt. Met onderwijskundigen wordt samengewerkt om deze vorm van onderwijs voor het vak Computer Vision te ontwikkelen. Lesmateriaal wordt via het internet beschikbaar gesteld. Het aanbieden van blended learning past in het NHL-brede Project Digitaal Onderwijs. Het plan is om huiswerkopdrachten geautomatiseerd na te kijken.

Om techniek in het algemeen, en de NHL in het bijzonder, te promoten bij leerlingen van het voortgezet onderwijs en het mbo, zijn we gestart met het geven van de workshop Computer Vision in het vo en mbo. Na een korte instructie doen de leerlingen drie experimenten achter een laptop met een webcam. Door middel van instructiewerkshops worden docenten en student-assistenten voorbereid op het geven van de workshop Computer Vision.

## 3.3

## Ondernemen

In de inleiding heb ik reeds opgemerkt dat het lectoraat naast onderzoeker en onderwijsgever ook als ondernemer optreedt. Dit wordt bijvoorbeeld geïllustreerd door het feit dat de NHL het twintig jaar geleden aandurfde om enkel op basis van een vraag uit de markt een nieuw kenniscentrum te beginnen. Dit zonder de gebruikelijke startsubsidie. Zonder het doen van grote investeringen is dit kenniscentrum geleidelijk opgebouwd. Van één parttime docent/onderzoeker groeide het uit tot een kenniscentrum waarin een lector, een onderzoeker en vijf projectingenieurs vrijwel fulltime bezig zijn met het uitvoeren van haalbaarheidsonderzoeken, daarbij geassisteerd door studenten.

Sinds het begin in 1996 zijn meer dan 220 projecten voor het bedrijfsleven gestart en met succes afgerond. Er is in totaal voor ruim vijf miljoen euro aan projecten uitgevoerd. Onze opdrachtgevers variëren van kleine Friese bedrijven tot vestigingen van multinationals in Nederland. Dat ruim de helft van de opdrachten een vervolgoopdracht is, geeft aan dat er aan onze producten en diensten behoefte bestaat, dat we naar tevredenheid werken en dat we in staat zijn om klanten aan ons te binden. Door marktgericht te zijn en goed te luisteren naar wat onze klanten wensen, komen er middelen vrij om onderzoek te financieren, producten en diensten te ontwikkelen én om de noodzakelijke investeringen te doen.

Het lectoraat & kenniscentrum heeft geparticipeerd in de volgende RAAK-projecten:

- Vision on Life (mei 2008 – mei 2010);
- Van 2D naar 3D (januari 2010 – januari 2012);
- Vision in Mechatronics and Robotics (februari 2011 – september 2013);
- Internet der Maritieme dingen (september 2011 – oktober 2013);
- Balance-IT (januari 2012 – januari 2014);
- Cattle Care (februari 2012 – mei 2014);
- Olielozeeën (januari 2013 – april 2015);
- Vision in de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (februari 2013 – februari 2015);
- Smart Vision for UAVs (september 2014 – september 2016).

De NHL investeert veel in apparatuur voor het lectoraat & kenniscentrum. Daardoor beschikken we over een grote verscheidenheid aan apparatuur zoals camera's, optiek en belichting. De hoeveelheid en gevarieerdheid hiervan is in Nederland vrijwel uniek. Dit in combinatie met onze deskundigheid van het gebruik van deze apparatuur en onze onderzoeksvaardigheden, is dan ook de grote kracht van het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision.





### Netwerk en kennisvalorisatie

Om met succes de verbindende schakel te zijn tussen hbo en ondernemingen is een goed netwerk noodzakelijk voor het lectoraat & kenniscentrum. Er wordt veel tijd geïnvesteerd in het opzetten en onderhouden van netwerken. In 2006 heeft het kenniscentrum de Cluster Computer Vision Noord-Nederland (CCVNN) opgericht. Dit is een platform voor bedrijven en kennisinstellingen uit Noord-Nederland die zich bezighouden met computer vision. De lector is binnen dit platform actief als voorzitter en organisator. Vijfenveertig bedrijven hebben zich inmiddels aangesloten. Vanaf het moment dat de CCVNN is opgericht, komen de bedrijven en kennisinstellingen elke vier maanden bijeen. De leden variëren van universiteit, intermediair, multinational en mkb tot eenmanszaak.

Via de lijn van onderzoek naar ondernemen valoriseert het lectoraat & kenniscentrum kennis op de volgende wijze:

- door het uitvoeren van haalbaarheidsonderzoeken;
- via de Cluster Computer Vision Noord-Nederland;
- als standhouder op beurzen;
- door het verzorgen van lezingen op symposia en beurzen of anderszins;
- door publicaties in vaktijdschriften en (regionale) bladen;
- door wetenschappelijke publicaties;
- door het aanbieden van de Cursus Computer Vision van een week voor het bedrijfsleven.

Tot besluit van het onderdeel Onderzoek, onderwijs en ondernemen deel ik graag het volgende voorbeeld uit de praktijk met u.

## 3.4

### Voorbeeld van integratie van onderzoek, onderwijs en ondernemen

Om tot innovatie te komen, zijn niet alleen creativiteit en een eureka-moment vereist, maar ook hard werken, een beetje geluk en een goed netwerk. Het volgende voorbeeld laat zien hoe onderzoek, onderwijs en ondernemen bij elkaar komen en de aanzet zijn tot een ecosysteem van innovatie. Het geeft ook een goed beeld van de rol die het lectoraat & kenniscentrum speelt in zo'n systeem.

Ik ga even terug in de tijd:

Na een pioniersfase is het commercieel gebruik in civiele toepassingen van Unmanned Aerial Vehicles sterk in opmars. In 2011 brengt een collega me in contact met het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR). Het gezamenlijke idee ontstaat om meerwaarde toe te voegen aan bestaande UAVs door deze geautomatiseerd, eventueel on-board, intelligent gebruik te laten maken van computer vision-technologie. Hierdoor kunnen UAVs met een grote mate van autonomie beter en/of sneller hun taak uitvoeren. Bovendien kan informatie geautomatiseerd uit de beelden worden geëxtraheerd. Op basis daarvan kunnen adviezen worden gegeven of beslissingen worden genomen. Er zijn van bedrijven al concrete marktvragen die betrekking hebben op de inspectie van windturbines, de detectie en inspectie van vuurhaarden, de inspectie van landbouwgronden en het schouwen van sloten. Dit zou wel eens een kansrijke cross-sectorale innovatie kunnen zijn.

Maar... welke bestaande UAV-systemen zijn er en in welke daarvan valt computer vision eenvoudig in te passen?

In samenspraak met het NLR en de bedrijven die belangstelling hebben, stellen we de systeemeisen op. We willen in elk geval geen uitgebreide hardware- en softwareontwikkeling omdat we zo snel mogelijk willen focussen op onze corebusiness, computer vision.

We willen:

- visuele inspecties automatiseren;
- het vliegproces automatiseren;
- een eenvoudige integratie in bestaande UAVs;
- goedkope, uitwisselbare, upgradable standaard-componenten gebruiken;
- geen hardware ontwikkeling;
- geen softwareontwikkeling voor flight controllers (auto-pilots).





**Afbeelding 7** 'Douche schets'

## Brainstormsessies

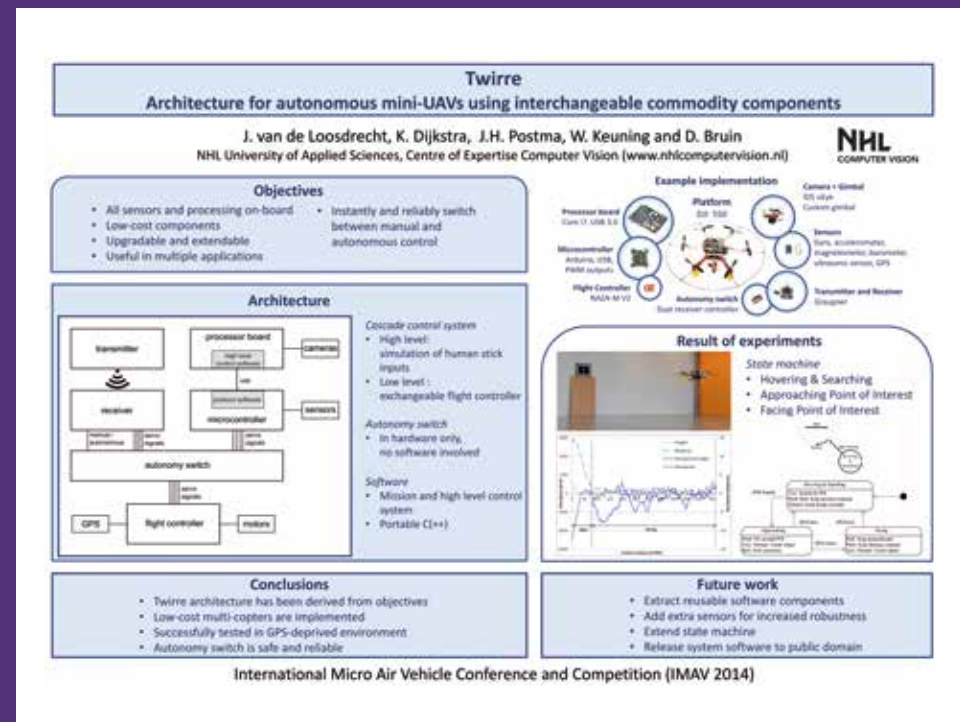
Wat volgt, is de zoektocht naar een hardware- en software-architectuur voor UAVs en smart vision. We komen na onderzoek tot de conclusie dat geen enkel bestaand UAV-systeem, commercieel verkrijgbaar of in onderzoek zijnde, aan onze eisen voldoet en geschikt is om eenvoudig te koppelen aan computer vision. Om een oplossing te vinden, houden we brainstormsessies met het team van computer vision, collega's van de opleiding Elektrotechniek, het NLR en verschillende bedrijven. De mogelijkheden die we vinden, vragen echter allemaal een aanzienlijke investering in zowel elektronica-ontwikkeling als software ontwikkeling voor flight controllers, iets wat we dus niet willen. Ondanks alle gezamenlijke inspanningen lijkt het proces stil te vallen.

En dan is er na fitness en sauna zomaar het moment van inzicht onder de douche op zaterdagmorgen en vallen de stukken op hun plaats. Alle gezamenlijke inspanning en brainstormsessies, goed teamwork, gemotiveerde en gedreven collega's en studenten geven mij de input die nodig is om de puzzel bijna compleet te maken.

De schets (afbeelding 6 'Douche schets'), die ik meteen na het douchen maakte, laat de architectuur zien voor geautomatiseerde UAVs op basis van uitwisselbare standaardcomponenten. Er ontbreekt nog één ding in mijn schets: een eenvoudige hardwarecomponent die we zelf zullen moeten ontwikkelen. Een oud NHL-student Elektrotechniek en collega-modelvlieger weet hier echter een bestaande component voor die slechts \$12 kost. De architectuur is dan compleet en krijgt de naam Twirre, Fries voor wervelwind.

## Friese wervelwind

Het vernieuwende aan Twirre is dat, in tegenstelling tot bestaande systemen, de hardware en software voor de flight controller niet voor elk model aangepast hoeven te worden. Het basisidee is dat een aanvullend high-level regelsysteem de flight controller aanstuurt. Dit regelsysteem vervangt in feite de stick-input commando's van de grondpiloot. Deze oplossing lijkt verrassend eenvoudig, maar breekt met andere systemen die ontwikkeld zijn voor slechts één specifieke UAV. Belangrijke voordelen zijn er ook voor de modulariteit en het gebruik van standaardcomponenten die uitwisselbaar zijn. De interfaces in Twirre tussen de componenten zijn standaard PWM servo kabels en USB. Dit betekent dat Twirre kan samenwerken met vrijwel elk type flight controller en eenvoudig geïntegreerd kan worden in bestaande UAVs. De interface met het processorbord is een USB-bus, waardoor er een breed scala aan keuzes is. Deze keuze kan per UAV gemaakt worden, gebaseerd op de benodigde processorkracht, de maximale afmetingen en het maximale gewicht dat het processorbord



Afbeelding 8 International Micro Air Vehicles Conference (IMAV 2014)

mag hebben. Op het processorbord kunnen in principe alle soorten camera's aangesloten worden waarover het lectoraat & kenniscentrum beschikt. Verder gaat het schakelen tussen geautomatiseerd en handmatig vliegen in hardware. Dit betekent dat de grondpiloot op elk gewenst moment én betrouwbaar kan ingrijpen tijdens het geautomatiseerd vliegen, zelfs wanneer de processor waarop de Twirre software draait, zou crashen. De software-architectuur van Twirre bestaat uit een systeemdeel en een verzameling van herbruikbare missiebouwstenen.

## Samenwerking op grote schaal

De geboorte van Twirre is de afsluiting van het brainstormproces, maar tevens het begin van het onderzoeks- en valorisatieproces. In vier grote projecten hebben vijftien NHL-medewerkers en 36 studenten van de opleidingen Informatica, Technische Informatica, Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde en Toegepaste Wiskunde, samengewerkt met 25 bedrijven en kennisinstellingen. Dit heeft geleid tot de volgende resultaten op het gebied van onderzoek, onderwijs en ondernemen:

- de Twirre-architectuur, de ontwikkeling van systeemsoftware en missiebouwstenen en het testen daarvan in vliegende prototypes;
- haalbaarheidsonderzoeken, uitgevoerd op de gebieden windturbine-inspectie, de detectie en inspectie van vuurhaarden, de inspectie van landbouwgronden en het schouwen van sloten. Het gaat hierbij om in totaal 800 duizend euro aan uitgevoerde projecten en projecten in uitvoering;
- 10 publicaties, waaronder technical- en scientific papers;
- 18 lezingen en posterpresentaties, onder meer op de Unmanned Systems Expo 2015 en de International Micro Air Vehicles Conference 2014 en 2015;
- het winnen van zowel de NHL academy award 2015 als de Leeuwarder Courant HBO-award met het project Smart Vision for UAVs;
- concrete plannen van een bedrijf om de Twirre-architectuur als commercieel product op de markt te brengen.

Zoals opgemerkt wijkt de Twirre-architectuur nogal af van wat tot dan toe gebruikelijk was en was daardoor dusdanig disruptief, dat de presentatie ervan op de International Micro Air Vehicles Conference leidde tot felle discussies tussen de congresbezoekers onderling. Bij het lopende RAAK SIA MKB-project, Smart Vision for UAVs, zijn in totaal vijftien bedrijven en kennisinstellingen betrokken.



## Twirre: Architecture for autonomous mini-UAVs using interchangeable commodity components

J. van de Loosdrecht<sup>1</sup>, K. Dijkstra, J.H. Postma, W. Krünig and D. Bruin  
NHL University of Applied Sciences, Center of Expertise Computer Vision,  
P.O. Box 1080, 8900 CB, Leeuwarden, The Netherlands

### ABSTRACT

Twirre is a new architecture for mini-UAV platforms designed for autonomous flight in both GPS-enabled and GPS-deprived applications. The architecture consists of low-cost hardware and software components. High-level control software enables autonomous operation. Exchanging or upgrading hardware components is straightforward and the architecture is an excellent starting point for building low-cost autonomous mini-UAVs for a variety of applications. Experiments with an implementation of the architecture are in development, and preliminary results demonstrate accurate indoor navigation.

### 1 INTRODUCTION

Nowadays, there is increasing interest in using mini unmanned aerial vehicles (UAVs) in a multitude of applications. For example, in the Netherlands, UAVs can be used for the inspection of agricultural lands, reviewing annual ditch cleanings, or the inspection of wind turbine blades. The market of UAVs is fast-growing and new hardware, software and applications quickly emerge. UAVs with cameras mounted on them can already be purchased as commodities.

Currently, however, in most applications the UAVs are controlled manually and the images are inspected by humans.

flight. The platform should be able to perform missions autonomously from takeoff to landing, without assistance of manual control. The intention is to submit the system software to the public domain. To make the platform attractive for both experimental and commercial use, the following four design requirements have been kept in mind.

**1. The platform consists of low-cost components.** Many applications require costs to be minimized. A UAV will likely have a broader application range if the cost of the components are low. Furthermore, using autonomous UAVs always comes with a risk of material damage. For these reasons the UAV platform is composed of low-cost commodity mass-produced components, which can easily be exchanged, repaired or upgraded. Components like flight controllers and GPS modules can be purchased off-the-shelf.

**2. The platform is upgradable and extendable.** New versions of radio controlled (RC) hardware components and standard processor boards quickly become available. To allow for easy incorporation of new technology in the UAV, components should be upgraded or extended with ease. All software is developed in C++ and therefore easily portable.

**3. The platform is useful in multiple applications.** For a UAV platform to be useful in multiple applications it should be flexible. This means that it should be possible to perform both GPS-enabled and GPS-deprived applications. For ex-

## Ondernemende hogeschool

Terugkijkend op dit mooie praktijkvoorbeeld van co-innovatie en design thinking constateer ik het volgende: het bedenken, realiseren en het voor de markt toepasbaar maken van Twirre was alleen mogelijk door goed teamwork, door expertise en gedrevenheid van betrokken bedrijven, collega's en studenten, door het hebben van een uitstekend en betrokken netwerk van ondernemende bedrijven en een beetje geluk door wederom op het juiste moment in een niche te stappen.

Mijn taak hierin als lector en coördinator van het kenniscentrum was het uitzetten van de grote lijnen, het houden van overzicht en het vormen van de verbindende schakel tussen onderzoek, onderwijs en ondernemen. Dat ik in de gelegenheid ben om dit soort dingen te doen, vloeit voort uit het vertrouwen dat diverse opeenvolgende afdelingshoofden, instituutsdirecteuren en leden van het CvB in mij hadden en nog steeds hebben. Daardoor ben ik binnen de NHL doorgegroeid van juniordocent tot seniordocent, tot coördinator van het kenniscentrum Computer Vision, tot associated lector en heden, tot lector van het prachtige Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision. De NHL is een ondernemende organisatie die werknemers met ideeën ruimte geeft, de NHL is een ondernemende hogeschool die durft.

Afbeelding 9 International Micro Air Vehicles Conference (IMAV 2014)



‘It is not the strongest of the species that survive, nor the most intelligent, but the one most responsive to change.’

Charles Darwin

## 4. Samenvatting en toekomstperspectief

Ik kom terug op mijn kernvraag: wat zijn belangrijke succesfactoren om onderzoek, onderwijs en ondernemen bij elkaar te brengen, zó dat ‘het klikt’. Samenvattend kom ik tot de volgende factoren:

### Onderzoek

Doe onderzoek naar datgene waar vraag naar is: marktgestuurd en praktijkgericht. Houd de markt in de gaten en doe ook onderzoek op gebieden waarvan je verwacht dat er vraag naar zal komen. Kies voor onderzoek naar kennis met lange halfwaardetijd. Wees creatief in het combineren van onderzoeksgebieden.

### Onderwijs

Geef studenten de bagage mee die ze nodig hebben. Dit vraagt om anticipatie en overleg met het bedrijfsleven: aan welke kennis en kunde is nu en in de toekomst behoefte? State-of-the-art kennis vraagt om tijdige vernieuwing van het bestaande curriculum (vak





Computer Vision) en het ontwikkelen van nieuw curriculum (vakken Data Science en Parallel Computing). Houd voeling met universiteiten en andere hogescholen over verwante kennisgebieden. Professionaliseer het eigen docentenbestand.

### Ondernemen

Zorg voor een goed netwerk. Ten eerste om te weten wat er leeft. Ten tweede omdat het de mogelijkheid biedt om zelf met belangstellende bedrijven in contact te komen, maar ook om bedrijven uit verschillende sectoren met elkaar in contact te brengen en deel te laten uitmaken van het innovatie-ecosysteem. Zoek niches en kies het juiste instapmoment.

Tot slot is een goed netwerk een middel om onderzoekskennis te valoriseren. Vandaar ook het symposium dat vandaag heeft plaatsgevonden in de NHL en waar mensen uit het bedrijfsleven, het onderwijs en onderzoekers van diverse kennisinstituten de mogelijkheid hebben gehad om elkaar te ontmoeten en met elkaar in gesprek te gaan.

### Opzetten nieuwe kenniscentra

Het symposium van vandaag draagt de naam 'Computer Vision, Data Science and Parallel Computing: keystones for the Smart Factory'. Deze naam is niet zomaar gekozen. Het laatste decennium heeft computer vision een enorme vlucht gemaakt. Twintig jaar geleden was het instapmoment voor computer vision, nu is er het instapmoment voor data science en parallel computing. Net zoals kennis op het gebied van computer vision, heeft kennis op het gebied van data science en parallel computing een verwachte lange halfwaardetijd. Deze drie domeinen zijn allemaal van doorslaggevend belang voor de smart factory. Ik zou dan ook graag zien dat er rond de twee domeinen in opkomst nieuwe kenniscentra ontstaan waarmee ik met mijn lectoraat kan samenwerken. Door een relatief beperkte investering kun je nu een betekenisvol kenniscentrum worden in deze domeinen met een aanzienlijke impact in het innovatie-ecosysteem. Vanuit de kennis en expertise van het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision wil ik helpen om onze onderzoekslijnen rond data science en parallel computing verder uit te bouwen naar nieuwe kenniscentra. Er bestaat nog weinig curriculum op het hbo voor deze domeinen. Ook hieraan en aan de ontwikkeling van bijvoorbeeld een minor op deze gebieden, wil ik graag bijdragen.

### Toekomst Smart Factory

Ik ben ervan overtuigd dat de uitdaging voor de toekomst van bedrijven in de smart factory ligt bij data science: het omzetten van ruwe (sensor) data naar (zinnige) informatie en kennis waarmee producten en diensten verbeterd kunnen worden. Het verwerven van veel ruwe data is mede door nieuwe computer vision-technologie, steeds eenvoudiger geworden. Door de hoeveelheid en complexiteit ervan zijn de verwerking en kennisontwikkeling vanuit deze data echter steeds moeilijker geworden. Parallel computing zal daarom dan ook noodzakelijk zijn.

### Data Science Valley Fryslân

Ik zou willen zien dat deze ontwikkelingen hier in Fryslân gaan plaatsvinden. Drenthe profileert zich al als Sensor Valley. Wij, Fryslân, in de directe toekomst dan graag als Data Science Valley.



## Epiloog

Graag wil ik mijn voordracht besluiten met enkele persoonlijke woorden. Ik wil mijn dank uitspreken aan allen die eraan bijgedragen hebben dat ik hier vandaag op deze plek sta.

*Geachte leden van het College van Bestuur van de NHL en geachte directeur van het Instituut Techniek Hans Drijfhout,*

Ik ben jullie zeer erkentelijk voor het in mij gestelde vertrouwen en ik beloof dat ik met grote inzet zal blijven werken om aan het succes van het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision een bijdrage te leveren.

*Geachte oud-instituutsdirecteur Jan Limpers,*

Dat ik hier vandaag als lector sta, komt omdat jij mij achttien jaar geleden de mogelijkheid hebt geboden om een begin te maken met het Kenniscentrum Computer Vision. Daarna ben je mij blijven stimuleren om het verder te ontwikkelen. Door dit te doen, heb je in belangrijke mate bijgedragen aan mijn carrière op de NHL. Ik ben je daarvoor veel dank verschuldigd. Ik, op mijn beurt, hoop dat ik dezelfde rol kan spelen in de ontwikkeling van collega's en studenten die betrokken zijn bij het lectoraat & kenniscentrum.





Afbeelding 10 Het testen van antimicrobiële gevoeligheid met behulp van computer vision

*Beste NHL-collega's en studenten uit het lab,*

Werken in het lectoraat & kenniscentrum is teamwork. Ik werk met bijzonder veel plezier met jullie samen. Dit leidt niet alleen tot mooi onderzoek, goed onderwijs en vernieuwende producten, maar ook leer ik steeds weer wat nieuws. Ik ben jullie daarvoor dankbaar en ik hoop dat we deze vruchtbare samenwerking nog lang zullen voortzetten.

*Beste dames en heren studenten,*

Het leukste aan lesgeven en het begeleiden van jullie bij onze projecten blijft om met jullie te praten en denken over techniek in de ruimste zin van het woord. Ik kijk uit naar nieuwe levendige gedachtewisselingen en ik hoop dat ik mijn passie voor techniek op jullie kan overdragen. Be proud to be an engineer!

*Beste partners uit bedrijfsleven en onderzoeksinstituten,*

Samen zijn jullie de motor van de Nederlandse economie. Dat die motor geruisloos blijft lopen is in het belang van ons allemaal. Ik vind het prachtig dat het toegepast onderzoek van het Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision hieraan kan bijdragen doordat het de brug vormt tussen fundamenteel onderzoek en bedrijven. We hebben in het verleden samen al mooie projecten gedaan en wat mij betreft zullen er nog vele volgen.

*Lieve ouders, overige familie en vrienden,*

Bedankt voor de belangstelling die jullie altijd hebben voor mijn werk. Ik hoop dat jullie nu een wat beter beeld hebben bij waar ik mij op mijn werk mee bezighoud en dat jullie begrijpen waar mijn enthousiasme voor techniek en onderwijs vandaan komt.

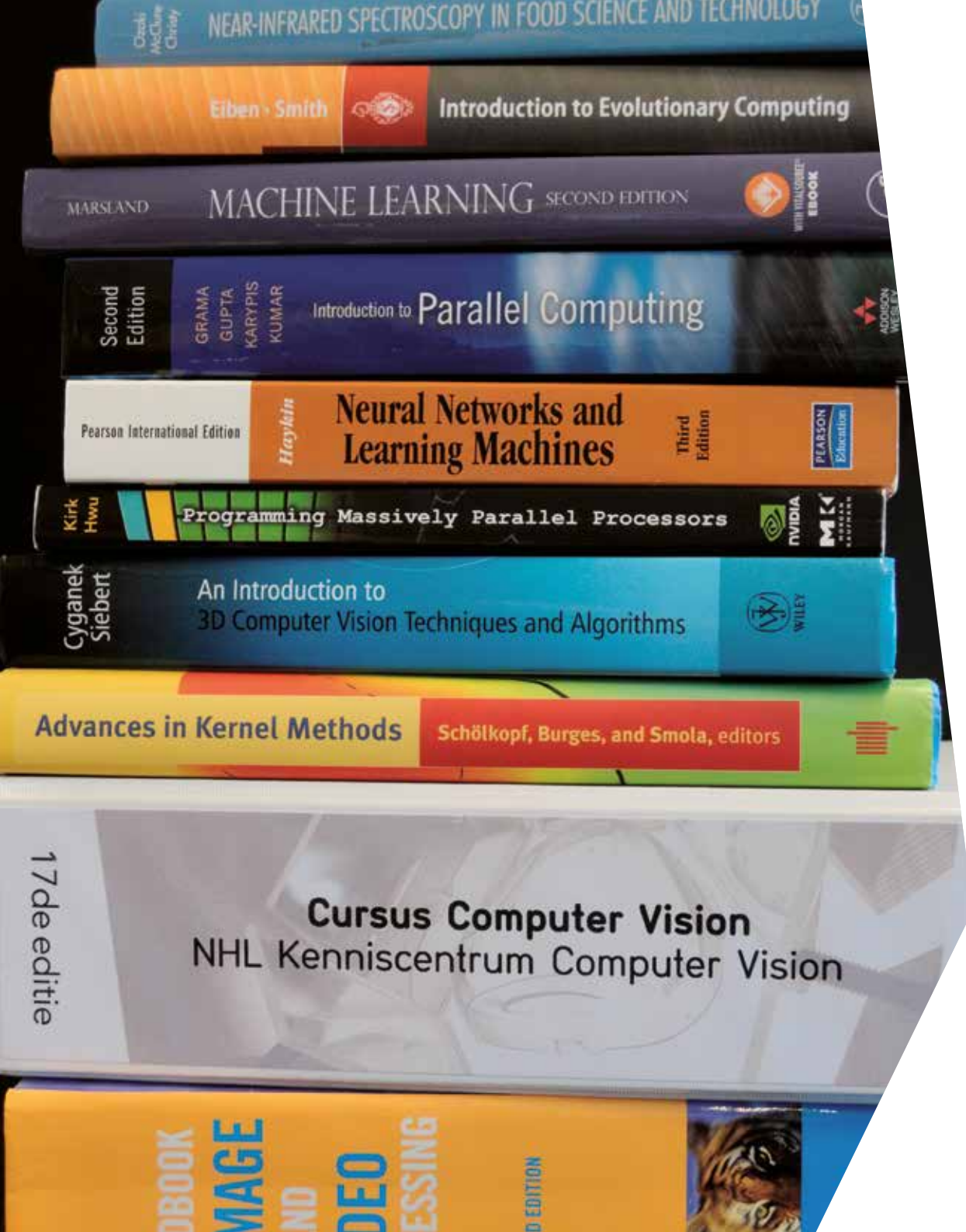
*Lieve Janneke, Marieke en Johan,*

Jullie weten uit ervaring dat bij mij werktijd en vrije tijd vaak naadloos in elkaar overgaan. Het is maar goed dat ik ook nog tijd samen met jullie heb. Dankzij deze quality time ben ik een gelukkig mens en kan ik de betrekkelijkheid van werk inzien. Er is immers nog zoveel meer moois en interessants in ons gezamenlijke leven.

En tot besluit wens ik iedereen zowel in zijn privéleven als op zijn werk heel veel momenten dat 'it clicks'!

Ik heb gezegd.





## Recente publicaties

De Boer, J., Junyent Barbany, M., Dijkstra, M.R., Dijkstra, K. and van de Loosdrecht, J. (2015). *Twirre V2: Evolution of an architecture for automated mini-UAVs using interchangeable commodity components. The International Micro Air Vehicle conference and competition 2015*. Aachen, Germany, 15-18 September 2015.

Zeinstra-Helfrich, M., Kooops, W., Dijkstra, K., and Murk, T., (2015). *Quantitative Investigation of the Effect of Oil Layer thickness on Entrainment*. Marine Pollution Bulletin, Volume 96, pp. 401–9.

De Boer, J. en Kalksma, M., (2015). *Choosing between optical flow algorithms for UAV position change measurement*. Student Colloquium (SC@RUG 2015), RuG, Groningen.

Van de Loosdrecht, J., et al., (2015). *Course on Computer Vision*. NHL University of Applied Sciences, [www.nhcomputervision.nl/course](http://www.nhcomputervision.nl/course).

Croxatto, A., Dijkstra, K., Prod'hom, G. and Greub, G., (2015). *Comparison of the Inoqua and the WASP automated systems with manual inoculation*. Journal of Clinical Microbiology, JCM.03076-14.

Van de Loosdrecht, J., (2015). *Smart Vision for UAVs*. Nationaal Informatica Onderwijs Congres (NIOC), Saxion, Enschede, 23-24 April 2015.

Van de Loosdrecht, J., Dijkstra, K., Postma, J.H., Keuning and Bruin, D., (2014). *Twirre: Architecture for autonomous mini-UAVs using interchangeable commodity components*. The International Micro Air Vehicle conference and competition 2014, Delft, The Netherlands, 12-15 August 2014.

Croxatto, A., Dijkstra, K., Prod'hom, G. and Greub, G., (2014). *Evaluation of manual versus automated inoculation*. 72nd Annual Assembly of the Swiss Society for Microbiology, Freiburg, Germany, 19-20 June 2014.

Croxatto, A., Dijkstra, K., Prod'hom, G. and Greub, G., (2014). *Evaluation of manual versus automated inoculation*. 24th European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, Barcelona, Spain, 10-13 May 2014.

Van de Loosdrecht, J. and Dijkstra, K., (2014). *More Power: Accelerating Sequential Computer Vision Algorithms Using Commodity Parallel Hardware*. inVISION 2014 (1), TeDo-Verlag, Germany.

Van de Loosdrecht, J., (2013). *Accelerating Sequential Computer Vision Algorithms Using Commodity Parallel Hardware*. Limerick Institute of Technology, Ireland [MSc Thesis].

Dijkstra, K., (2013). *End-user Trainable Machine Vision Systems*. Limerick Institute of Technology, Ireland [MSc Thesis].

Van de Loosdrecht, J., (2013). *Accelerating Sequential Computer Vision Algorithms Using Commodity Parallel Hardware*. Nationaal Informatica Onderwijs Congres (NIOC), HAN, Arnhem 4-5 April 2013.

Dijkstra, K., (2013). *Trainable Machine Vision Systems*. Nationaal Informatica Onderwijs Congres (NIOC), HAN, Arnhem 4-5 April 2013.

Dijkstra, K., Berntsen, M., van de Loosdrecht, J. and Jansen, W., (2013). *End-user trainable automatic antibiotic-susceptibility testing by disc diffusion using machine vision*. 23rd European Congress of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, Berlin 27-30 April 2013.

Van de Loosdrecht, J., van Althuis, J., Gunsing, J., Telgen, D., Stappers, M. and Klijn, P., (2013). *Focus on image sensors*. Mikroniek 2013 (5).

Dijkstra, K., Jansen, W. and van de Loosdrecht, J., (2013). *Prior knowledge in an end-user trainable machine vision framework*. 21th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, Bruges, Belgium, 24-26 April 2013.



Jaap van de Loosdrecht is lector Computer Vision en coördinator van het Kenniscentrum Computer Vision bij NHL Hogeschool. Zijn theoretische achtergrond ligt zowel in elektrotechniek als informatica. Hij heeft een passie voor techniek en zijn drijfveer is nieuwsgierigheid naar nieuwe kennis. Na een carrière als software engineer in het bedrijfsleven is hij in 1989 in dienst getreden bij de NHL als docent. Samen met collega's heeft hij daar de toen nieuwe opleiding Informatica vanaf het eerste jaar opgebouwd en vormgegeven. In 1996 heeft hij het Kenniscentrum Computer Vision opgezet en geeft er vanaf dat moment leiding aan. Al sinds zijn jeugd zijn het vliegen met modelvliegtuigen en fotografie zijn grote hobby's.

Computer vision is het automatiseren van visuele inspecties. Met behulp van een computer worden beelden geïnterpreteerd die met een camera zijn vastgelegd. De op deze wijze verkregen informatie kan vervolgens worden gebruikt om adviezen te geven of beslissingen te nemen. Voorbeelden daarvan zijn kwaliteitscontrole, positie- en oriëntatiebepaling en het sorteren van producten op lopende banden. Onder de naam "Lectoraat & Kenniscentrum Computer Vision" werken het lectoraat en het kenniscentrum nauw samen in één onderzoekslaboratorium, dat beschikt over een breed scala aan camera's, optiek en belichtingsapparatuur. De gezamenlijke staf bestaat uit een lector, een onderzoeker en vijf projectingenieurs. Sinds het begin in 1996 zijn er meer dan 220 projecten voor het bedrijfsleven gestart en met succes afgerond. Er is in totaal voor ruim vijf miljoen euro aan projecten uitgevoerd. Naast de kernactiviteit computer vision zijn data science en parallel computing belangrijke speerpunten.

# NHL

**KENNIS EN BEDRIJF**

**NHL Hogeschool. Vergroot je perspectief.**