
TETRA Eindverslag Inspect 4.0

versie: april 2021

ALGEMENE GEGEVENS

Projectnummer en -titel:

Inspect 4.0 (HBC20210070)

Startdatum van het project:

01/10/2021

Naam organisatie:

Universiteit Antwerpen

Naam, e-mail en telefoonnummer contactpersoon:

Gunther Steenackers

Gunther.steenackers@uantwerpen.be

+32 3 265 19 08

Datum van dit verslag:

30/11/2023

Periode waarover verslag wordt uitgebracht:

24 maanden

Data van de vergaderingen van de begeleidingsgroep (in de voorbije periode):

Vergeet niet om de verslagen van de vergaderingen van de begeleidingsgroep samen met dit voortgangsverslag op te laden via het onlineportaal.

26/11/2021: Kick-off meeting Tetra Inspect 4.0_online (TEAMS)

29/03/2022: Eerste **begeleidingsgroep meeting** op Universiteit Antwerpen – FTI

20/06/2022: Online **begeleidingsgroep meeting** (TEAMS)

09/09/2022: Workshop bij Centexbel

05/12/2022: Voorstelling opvolgproject Datex_online (TEAMS)

28/04/2023: Workshop bij InViLab

08/06/2023: Online **gebruikersgroep meeting** (TEAMS)

07/09/2023: Slotevent met live demonstratie bij Centexbel

VOORTGANGSVERSLAG

Het voortgangsverslag met prestatietabel wordt jaarlijks ingestuurd door de projectcoördinator op de data die vermeld staan in het overzicht van het onlineportaal. Het vormt de basis voor de communicatie tussen de Begunstigde en Agentschap Innoveren & Ondernemen en heeft als hoofddoel na te gaan of het project de vooropgestelde doelstellingen zal behalen.

PROJECTSTATUS

Inhoudelijk verloop van het project (planning, mijlpalen, leverbaarheden):

- zoals voorzien
- kleine afwijking met beperkte invloed
- grote wijziging

Interactie met de doelgroep (o.a. via de begeleidingsgroep):

- goed (positief, interesse stijgt)
- neutraal (interesse constant)
- zwak (interesse daalt)

Haalbaarheid van het innovatiedoel (KPI's, doelstellingen):

- zoals voorzien
- kleine afwijking met beperkte invloed
- grote wijziging

Inzet van de middelen (financieel, menskracht, cofinanciering):

- zoals voorzien
- kleine afwijking met beperkte invloed
- grote wijziging

Gewijzigde externe omstandigheden of wijzigingen bij de begunstigden of uitvoerders:

- geen
- kleine wijziging met beperkte invloed
- grote wijziging

Melding:

- dit voortgangsverslag omvat ook een melding

Kruis dit vakje aan als u dit verslag ook beschouwt als een melding zoals bedoeld in artikel 7 van de Algemene Voorwaarden Innovatiesteun. Geef dan ook een grondige toelichting.

Toelichting:

Licht de situatie toe en de genomen/te nemen acties ter bijsturing als u bij één van de vorige vragen de 2^e of 3^e optie, of melding heeft aangekruist.

Toelichting bij het verder verloop of bijkomende commentaar (facultatief):

Geef hier, indien u dit nuttig vindt, commentaren die u niet elders in het formulier kon opnemen.

LEVERBAARHEDEN EN KPI'S

Jaarlijks wordt de status van de projectspecifieke leverbaarheden en de KPI's (met bijhorende streefwaarden) opgevolgd en toegelicht.

Status Leverbaarheden

In de kolom 'omschrijving' gebruikt u de typologie van categorieën van leverbaarheden zoals vermeld in bijlage 3 van de 'Toelichting uitvoering en opvolging'.

PROJECTSPECIFIEKE KENNISONTWIKKELING

categorie	omschrijving	datum verwacht	voorzien, maar nog niet gestart	volledig behaald	lopend zoals voorzien	lopend met vertraging	vroegtijdig stopgezet
X.1	Karakterisering visietechnologie	1/10/2022		x			
X.2	Ontwikkeling visietechnologie geweven stoffen	1/04/2023		x			
X.2	Ontwikkeling visietechnologie voor gecoate weefsels	1/04/2023					x

X.2	Ontwikkeling AI voor visietechnologie	1/10/2023		x			
X.3	Demonstrator	1/10/2023		x			

Toelichting:

Geef een korte toelichting indien er belangrijke afwijkingen (zowel positief als negatief) zijn.

Vanuit de leden van de gebruikersgroep was er vooral interesse voor geweven stoffen en er waren in onvoldoende mate productiefouten te zien op de ontvangen stalen van gecoate textiel (van WWW). Anderzijds, gecoate textiel met kleuren vraagt een andere type belichting dan initieel voorhanden. Daardoor was op de 2 jaar duur van het project besloten om te focussen op geweven textiel in eerste instantie.

COLLECTIEVE/GENERIEKE KENNISOVERDRACHT

categorie	omschrijving	datum verwacht	voorzien, maar nog niet gestart	volledig behaald	lopend zoals voorzien	lopend met vertraging	vroegtijdig stopgezet
Y.1	Publicaties	1/10/2023		x			
Y.2	Cursus	1/10/2023		x			
Y.3	Handleidingen	1/10/2023		x			
Y.4	Website	26/11/2021		x			

Toelichting:

Geef een korte toelichting indien er belangrijke afwijkingen (zowel positief als negatief) zijn.

Status Key Performance Indicatoren (KPI's)

	KPI	bereikt	cumulatief	streefwaarden
	KPI 1: het aantal tijdens de projectuitvoering geïdentificeerde unieke ondernemingen & non-profitorganisaties die aangeven de kennis van het TETRA-project te zullen toepassen	7	7	10
	KPI 2: het aantal gedocumenteerde validaties (i.s.m. de doelgroep; casestudies, proefsessies, ...) die bruikbaar zijn om de kennis beter te verspreiden	4	4	4
	...			

Toelichting:

Geef een korte toelichting indien er belangrijke afwijkingen (zowel positief als negatief) zijn.

De gegevens in bovenstaande tabel werden verzameld op basis van enquête die tijdens het slotevent werd georganiseerd. Deze is tevens terug te vinden in de Excel tabel bijhorend bij dit verslag.

We stellen vast voor KPI1, op basis van de georganiseerde workshops, dat het niet evident is het gebruik van basis AI-modellen te introduceren bij de gebruikersgroep. We overwegen dit te incorporeren in een traject “levenslang leren” waarbij eer jaarlijks een nieuwe workshop zal worden georganiseerd waarop de leden van de gebruikersgroep zullen uitgenodigd worden.

Collectief Bereik

Er wordt één overzichtstabel per project gemaakt, die jaarlijks wordt aangevuld. Dit geeft een beeld van de ruimere doelgroep die bewust gemaakt wordt. Idealiter volgt hieruit een individuele actie van een onderneming. Agentschap Innoveren & Ondernemen raadt aan om een korte tevredenheidsanalyse uit te voeren na elke activiteit, naar analogie met de bevraging van de begeleidingsgroep.

Nuttige informatie voor het invullen van de overzichtstabel:

Het betreft hier studiedagen, workshops, seminars, demonstraties of andere events die rechtstreeks verband houden met het uitvoeren van een project en waarop minimaal 5 verschillende ondernemingen aanwezig zijn.

Rapporteren op organisatieniveau.

datum	naam/omschrijving	organisatie waarmee wordt samengewerkt	aantal verschillende bereikte ondernemingen
26/11/2021	Kick-off meeting	Centexbel	23
29/03/2022	begeleidingsgroep meeting	Centexbel	21
20/06/2022	begeleidingsgroep meeting	Centexbel	7
09/09/2022	Tetra Inspect 4.0 Workshop	Centexbel	12
05/12/2022	begeleidingsgroep meeting	Centexbel	13
28/04/2023	Workshop AI	Centexbel	32
08/06/2023	Begeleidingsmeeting	Centexbel	7

07/09/2023	Tetra Inspect 4.0 slotevent	Centexbel	18
------------	-----------------------------	-----------	----

26/11/2021: Kick-off meeting Tetra Inspect 4.0_online (TEAMS)

29/03/2022: Eerste begeleidingsgroep meeting op Universiteit Antwerpen – FTI

20/06/2022: Online begeleidingsgroep meeting (TEAMS)

09/09/2022: Workshop bij Centexbel

05/12/2022: Voorstelling opvolgproject Datex_online (TEAMS)

28/04/2023: Workshop bij InViLab

08/06/2023: Online gebruikersgroep meeting (TEAMS)

07/09/2023: Slotevent met live demonstratie bij Centexbel

Toelichting:

Geef aan welke lessen kunnen getrokken worden uit de tevredenheidsanalyses?

De leden van de gebruikersgroep waren tevreden tot zeer tevreden met betrekking tot het verloop, timing en inhoud van de tussentijdse projectmeetings. De projectmedewerkers gaven te kennen dat de interactie met de leden van de gebruikersgroep op communicatievlak niet altijd even vlot verliep. Ook de vraag tot samples met defecten heeft slecht een beperkte subgroep van de gebruikersgroep bereikt.

EINDVERSLAG

Het eindverslag wordt ingestuurd door de projectcoördinator op de datum die vermeld staat in het overzicht van het onlineportaal. Alle voorgaande rubrieken maken eveneens deel uit van dit verslag. Het heeft als hoofddoel na te gaan of het project de vooropgestelde doelstellingen behaald heeft.

INHOUDELIJK VERLOOP VAN HET PROJECT

Beschrijf **BONDIG** het verloop van het project per werkpakket en per taak binnen elk werkpakket. Stip duidelijk de belangrijkste resultaten, successen en problemen aan.

1. Werkpakket 1 – Management & disseminatie

Doel WP1: Beheer van het project en verspreiding van resultaten. Dit werkpakket beschrijft het globale beheersplan. UAntwerpen zal de algemene coördinator zijn, er zullen halfjaarlijkse face-to-face vergaderingen worden georganiseerd, samen met meer frequente webinars.

Taak 1.1: Management

Het technisch dagelijks beheer van het project is vlot verlopen. Zeker tijdens de opstart van het project werd er wekelijks contact gehouden tussen InViLab en Centexbel via mail of telefonisch. Er werd geprobeerd om een maandelijks online vergadering te houden, waarbij extra vergaderingen werden gepland rond de periodes van de meetings met de begeleidingsgroep. Ook persoonlijke ontmoetingen werden vaak georganiseerd, meestal gekoppeld aan een bedrijfsbezoek. De personeelsleden van InViLab zijn enkele keren op bezoek geweest bij Centexbel en andersom heeft Centexbel ook de InViLab labo's bezocht. Er wordt ook een gemeenschappelijke Teams map gemaakt door InViLab waar de project-gerelateerde documenten (verslagen, contacten, presentaties, resultaten, etc.) toegankelijk blijven voor InViLab en Centexbel.

Onderstaand een overzicht van onze Tetra Inspect 4.0 interne vergaderingen:

18/10/2021: Teams meeting

16/11/2021: Teams meeting

23/11/2021: Gezamenlijk bedrijfsbezoek

03/12/2021: Teams meeting

14/12/2021: Bezoek Centexbel

07/01/2022: Gezamenlijk bedrijfsbezoek

14/01/2022: Teams meeting

03/02/2022: Gezamenlijk bedrijfsbezoek

17/02/2022: Bezoek Centexbel

14/02/2022: Teams meeting

15/03/2022: Teams meeting

29/03/2022: Fysiek begeleidingsgroep meeting en bezoek labo's InViLab

29/04/2022: Teams meeting
20/06/2022: Tussentijdse begeleidingsgroepmeeting
12/07/2022: Teams meeting
30/08/2022: Teams meeting
09/09/2022: Fysiek Workshop en bezoek labo's Centexbel
20/09/2022: Teams meeting
24/10/2022: Teams meeting
21/11/2022: Teams meeting
09/12/2022: Teams meeting
21/1/2023: Teams meeting
14/03/2023: Teams meeting
08/05/2023: Teams meeting
05/06/2023: Teams meeting
07/09/2023: Slotevent Inspect 4.0 te Centexbel

Taak 1.2: Rapportering

Als halfjaarlijkse rapportering wordt de voortgang van het project voorgesteld in de vorm van een presentatie naar Vlaio en de begeleidingsgroep toe. Van deze vergaderingen zijn steeds de presentatieslides beschikbaar en na de meeting wordt er ook een vergaderverslag opgesteld. In dit verslag worden de aanwezigheden vermeld, alsook wat er besproken werd tijdens de presentatie.

Presentaties en verslagen zijn hier te vinden: <https://www.centexbelpresents.be/en/inspect4-0>

Taak 1.3: Disseminatie

Om een goede zichtbaarheid te creëren met als doel om onze kennis te verspreiden hebben is er de Inspect 4.0 webpagina (<https://www.centexbelpresents.be/en/inspect4-0>) die doorheen het project actief up-to-date gehouden werd. De website wordt beheerd door Centexbel en alle informatie (presentatieslides, opnames, aankondigingen, etc.) over het project komt hier ter staan. Na elke begeleidingsgroep vergadering wordt er een notificatie e-mail uitgestuurd naar de begeleidingsgroep en alle individuele contacten in het kader van dit project, waarin aangekondigd wordt dat de laatste presentatie beschikbaar is of om een nieuw evenement aan te kondigen.

Er wordt ook actief ingezet op LinkedIn posts vanuit zowel Centexbel als InViLab.

De resultaten werden gepresenteerd tijdens de driemaandelijksse begeleidingsgroep meetings (ofwel fysiek als online) en ook op de drie fysieke workshops:

- op 9 september 2022 bij Centexbel, waarbij een 40-tal deelnemers vanuit ofwel Vlaamse textielbedrijven als ook visie systemen en artificiële intelligentie (AI) aanwezig waren.
- Op 28 april 2023 bij Universiteit Antwerpen, waarbij 32 deelnemers een basiscursus computer visie, python en machine learning volgden.
- Op 7 september 2023 bij Centexbel werd het afsluitevent georganiseerd waarbij de finale onderzoeksresultaten gedeeld werden met de gebruikersgroep. Faktion, één van de service providers heeft hierbij nog een podium gekregen om zijn kennis te promoten.

Deze workshops boden ook de mogelijkheid voor talrijke interacties en netwerking tussen de aanwezigen. De aanwezigen waren ook geconsulteerd voor de opties van een vervolgproject.

Deliverables & Milestones

D1.1/M1.1 Begeleidingsgroep voor halfjaarlijkse vergaderingen; verslag beschikbaar (M6, M12, M18, M24)

D1.2/M1.2 Halfjaarlijkse rapportering van vergaderingen; verslag beschikbaar (M6, M12, M18, M24)

D1.3/M1.3 Tussentijds verslag aan VLAIO; rapport verzonden (M12)

D1.4/M1.4 Eindverslag aan VLAIO; rapport verzonden (M24)

2. Werkpakket 2 – Karakterisering van de visietechnologie

Doel WP2: Commercieel verkrijgbare camerasystemen van verschillende leveranciers zullen worden getest en vergeleken om de juiste combinaties van camerasystemen te vinden. Noodzakelijke vereisten voor materialen die in het project moeten worden geëvalueerd, worden gedefinieerd.

Taak 2.1: Definitie van vereisten voor materialen die moeten worden geëvalueerd.

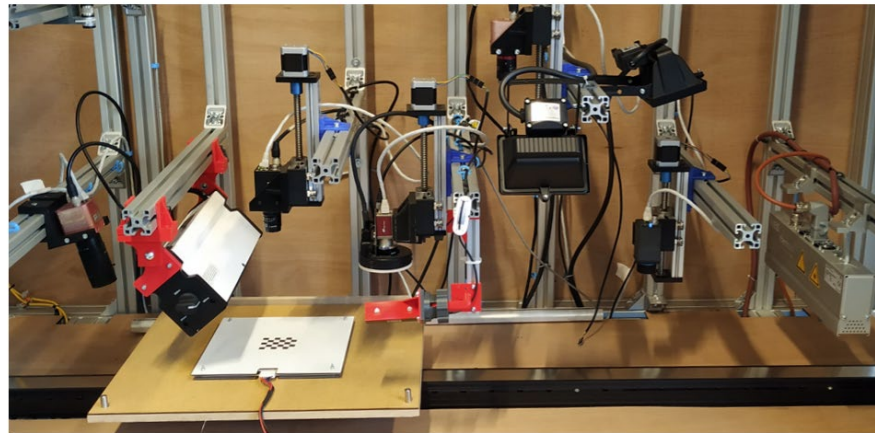
In de begeleidingsgroep zitten momenteel vijf textielbedrijven. Deze bedrijven hebben elks hun specifieke producten. Alvorens we konden starten met een oplossing te bedenken, moest er eerst kennis gemaakt worden met deze bedrijven, hun productieproces en de veelvoorkomende fouten. Na een bezoek bij elks van de bedrijven hebben we een lijst kunnen opstellen met veelvoorkomende fouten. Er zijn ook sample materialen geleverd door de bedrijven, waar deze fouten aanwezig zijn of met opzet zijn aangebracht. Hieronder staat een overzicht met de verschillende meest voorkomende fouten:

Bedrijf	Soort textiel	Fout
C1	Tapijt	Dubbelwerker (dubbele draad)
C1	Tapijt	Draad uit (Garen ontbreekt)
C1	Tapijt	Selectiefout
C1	Tapijt	Kleurfout
C2	Technisch textiel	kettingfout
C2	Technisch textiel	Inslagfout
C2	Technisch textiel	Coating vlekken
C2	Technisch textiel	Verfvlekken
C3	PES texturisé	Inslagafstand (dicht vs. open)
C3	Denim	Keperlijn onderbroken
C3	Voile AZS	slip
C3	Textiel met motief	Overgangstrepen
C3	Terry	Doorsteker
C3	Terry	Poolhoogte

C4	Technisch textiel	Inslagfout
C4	Filtermateriaal 3D	Materiaaldikte
C5	FFP2 filtermateriaal	Materiaaldikte
C5	FFP2 filtermateriaal	Shots

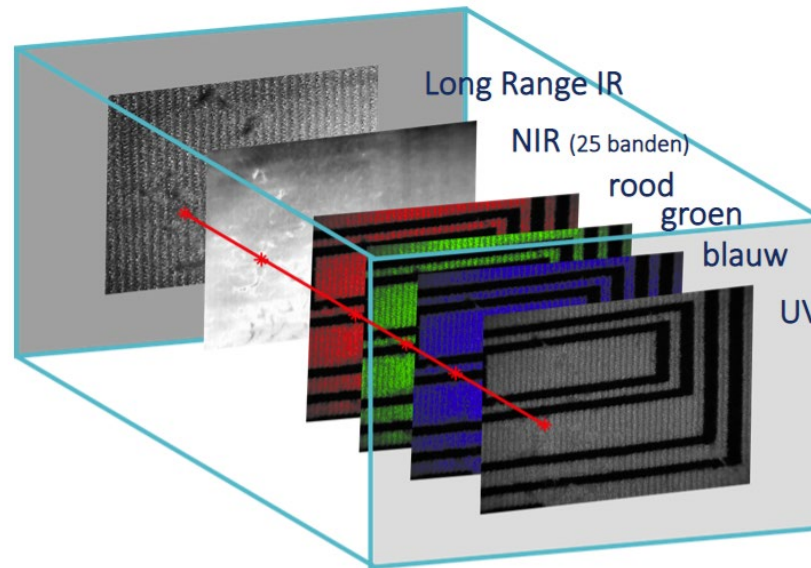
Tabel 1. Meest voorkomende defecten tijdens textielproductie

De verkregen samples worden opgemeten met behulp van de “MuSIC” (Multispectral InspeCtion system). Dit is een opstelling, waarbij men een platform op een translatiestage langs verschillende soorten excitatiebronnen en camera’s beweegt. Op deze manier kan er een sequentie worden ingesteld om van één bepaalde textielsample, statische afbeeldingen te maken met de verschillende camera’s. De setup bevat een UV camera, een RGB camera, een hyper-spectrale camera en een Infrarood camera. De verschillende excitatiebronnen zullen elks afzonderlijk ingeschakeld worden als de translatiestage zich op de positie van de specifieke camera en bron bevindt.



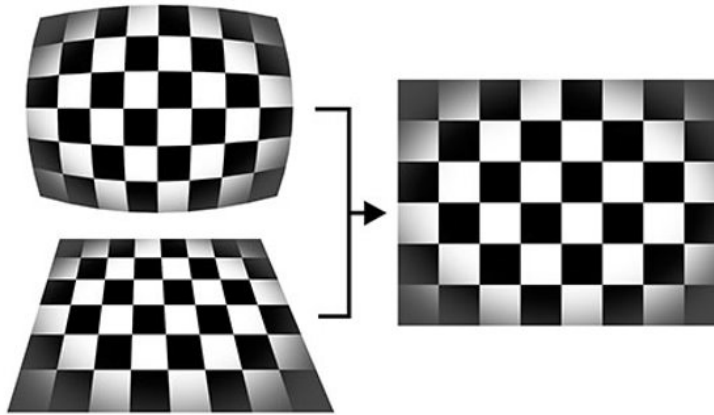
Afbeelding 1. Het Multispectrale Inspectiesysteem in het visielabo van InViLab

Om na te gaan in welke cameraspectra een bepaald soort defect het beste gedetecteerd kan worden, is er bedacht om een metafile te creëren. Van één sample worden er meerdere afbeeldingen genomen in de verschillende spectra en deze worden op elkaar geplaatst in verschillende lagen. Op deze manier wordt er een “hypercube” gevormd, waar elke laag een ander spectrum voorstelt. Door de verschillende spectra lagen op elkaar te plaatsen, kan achteraf snel bekeken worden welke golflengte de beste resultaten geeft.



Afbeelding 2. Hypercube met verschillende spectra lagen van één textielsample (30 lagen: 1 UV, 3 RGB, 25 Hyperspectraal, 1 Infrarood)

Een groot struikelblok bij het opstapelen van de verschillende beelden, is dat de verschillende camera's verschillende eigenschappen hebben. De afmetingen van de afbeeldingen komen niet perfect overeen en sommige camera's vertonen ook een "fish-eye" effect, waarbij het beeld vervorming toont. Om dit op te lossen wordt er met elke camera een afbeelding gemaakt van hetzelfde kalibratiebord met dambordpatroon. Het kalibratiebord doorloopt een volledige sequentie langs alle camera's en excitatiebronnen. De beelden worden bewerkt door het dambordpatroon van de verschillende spectra te matchen. Nadien hebben de beelden éénzelfde formaat en kunnen ze probleemloos worden opgestapeld.

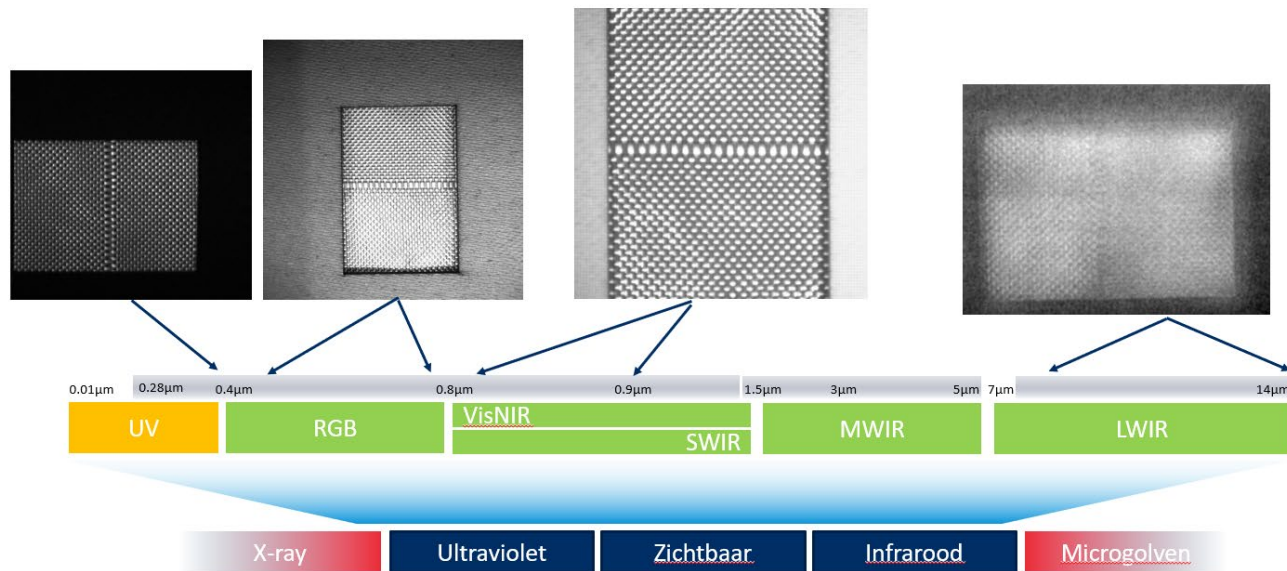


Afbeelding 3. Uniforme afbeeldingen met verschillende soorten camera's

De hypercube maakt het mogelijk om een duidelijk gestructureerde database te creëren. Elke sample heeft zijn eigen bestand met de verschillende lagen, met als doeleinde deze data te gebruiken om de neurale netwerken te trainen. Na training moet het algoritme de fouten kunnen detecteren op een stuk textiel dat langs de camera beweegt.

Taak 2.2: Definitie van geoptimaliseerde combinatie voor te gebruiken camerasysteem

Met behulp van de hypercube kan er makkelijk worden onderzocht welke spectra beter presteren voor een bepaald defect. Indien er meerdere spectra goed presteren, kan er voor de goedkoopste oplossing gekozen worden om de totale kost zo laag mogelijk te houden. Bij het inscannen van een sample van technisch textiel van XXX, zien we dat het defect duidelijk te zien is in zowel het UV, RGB als hyper-spectrale spectrum. Aangezien een RGB camera de goedkoopste oplossing is zal deze camera voor deze toepassing voldoen. Er zijn andere samples waarbij RGB minder goed presteert.



Afbeelding 4. Sample van XXX opgenomen in verschillende spectra.

We merken op dat voor één soort defect er vaak meerdere cameratechnieken mogelijk zijn om deze te detecteren, sommige zeer fijne defecten kunnen echter beter opgemerkt worden in het UV spectrum (kleinere golflengte). Indien in een werkelijk productieproces verschillende defecten gecombineerd kunnen voorkomen, kan het een goede oplossing zijn om twee of meerdere cameraspectra te combineren in de inspectie setup.

Deliverables & Milestones

D2.1/M2.1 Database van meest voorkomende defecten in textiel (M6)

D2.2/M2.2 Gegevensverzamelingen van spectra en IR-gegevens waarop schade en defecten kunnen worden geïdentificeerd en gekarakteriseerd (M12)

D2.3/M2.3 Geoptimaliseerde meetopstelling om deze defecten te detecteren (M12)

Bijdrage van elke partner: UA Antwerpen wordt de leider van WP2 en definieert de geoptimaliseerde meetopstelling voor materiaalinspectie. De monsters zullen worden gedefinieerd door InViLab in nauwe samenwerking met Centexbel en zullen worden aangeleverd door de begeleidingsgroep.

3. Werkpakket 3 – Ontwikkeling van de visietechnologie voor gewezen stoffen

Doel WP3: Dit werkpakket bouwt voort op WP2 en verfijnt de specificaties voor gewezen stoffen verder. Er zullen camera's worden gekozen en er zal een opstelling worden gebouwd om visietechnologie-inspectie mogelijk te maken op een inspectietafel die analoog is aan die welke al in de industrie worden gebruikt.

Taak 3.1: Haalbaarheidsanalyse en aanpassing van camerasysteem voor weefsels

In de meeste gevallen wordt textielinspectie nog steeds uitgevoerd met het blote oog. In de bedrijven zijn verschillende lichtbanken aanwezig, waar personeelsleden een ganse dag het passerende, afgewerkte textielmateriaal analyseren. Indien ze een fout ontdekken stoppen ze de rollen en herstellen ze defect ter plaatse. Een groot probleem is dat het materiaal vaak pas langs de lichtbank komt, nadat de weefmachine al een lange tijd een fout aan het weven is. Daarom willen de bedrijven een automatisch inspectieproces zo dicht mogelijk bij de weefmachine. Om dit proces te automatiseren zal het inspectiesysteem aan verschillende parameters moeten voldoen. Er zal rekening moet houden met uitwendige omstandigheden. We kunnen dit indelen in de volgende categorieën:

- Snelheid van het textielmateriaal
- Positie van de camera's
- Omgevingsfactoren
- Stofeigenschappen

Snelheid van de productie van het textielmateriaal:

Er zijn twee methodes om de textielinspectie te integreren in de productielijn. De eerste mogelijkheid is om de inspectie zo dicht mogelijk bij de weefmachine te laten gebeuren. Zo kan de machine meteen worden stopgezet indien er een fout wordt gedetecteerd en zal verdere schade voorkomen worden aan het materiaal. Indien dit het geval is, moet er rekening worden gehouden met de productiesnelheid van het textielmateriaal. Bij weefmachines ligt deze snelheid vrij laag, door het weefproces dat uit verschillende stappen bestaat. Er zijn echter uitzonderingen, bvb. VVV heeft een proces waarbij de productiesnelheid 70m/s bedraagt. Dit is een extreem hoge snelheid en zullen wij in labo omstandigheden niet kunnen nabootsen. Maar met aangepaste camera's en processors is dit realiseerbaar.

Bedrijf	Productiesnelheid (m/s)
UUU	0.42
ZZZ	0.008
VVV	70 (max.)

Tabel 2. Productiesnelheden verschillende textielbedrijven

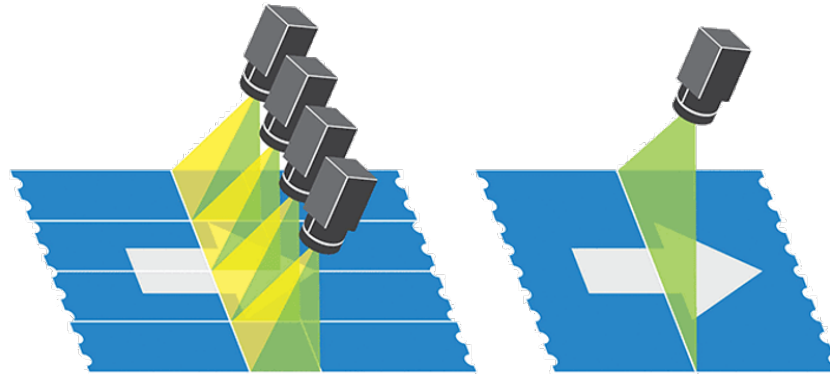
Indien een bedrijf een groot aantal weefmachines heeft kan deze oplossing oplopen tot een hoge kost. Een andere oplossing is om het geweven te inspecteren nadat ze geproduceerd zijn. Dit heeft het voordeel dat de inspectiesnelheid kan opgedreven worden en dat er maar één of enkele inspectiebanken nodig zijn in het bedrijf.

Voor demonstratiedoeleinden richten wij op een maximale snelheid van 2m/s. We gebruiken een lijnscancamera geschikt voor deze snelheid. Indien de snelheid hoger is zal een duurdere camera aangeschaft moeten worden met een hogere framerate.

Positie van de camera's:

Om een goede inspectie te verwezenlijken moeten de camera's goed gepositioneerd worden. Het textielmateriaal moet volledig in de breedte in beeld gebracht kunnen worden en de camera's moeten zo loodrecht mogelijk op het textiel gericht zijn. De afstand tot het textiel is ook belangrijk. Hoe verder de camera van het textiel, hoe breder het camerabeeld, maar de resolutie zal dalen. In eerste instantie werken we met "area-scan" camera's op zeer traag bewegende textielmaterialen. In een latere fase zal het het textiel aan werkelijke snelheden bewegen en zal het noodzakelijk zijn om over te schakelen op "line-scan" camera's (zie Afbeelding 5).

Een line-scan camera zal over een grote breedte(variabel) één pixellijn opnemen. De opname-frequentie zal afhankelijk zijn van de snelheid van het bewegende textiel en zal worden bestuurd met behulp van een digitale encoder. De pixellijnen worden door de software naast elkaar gezet om zo een volledig beeld te vormen.



Afbeelding 5. Principe van area- vs. line-scan camera's. Links: Vier area-scan camera's; Rechts: Eén Line-scan camera

Line-scan camera's zijn zeer configureerbaar wat betreft het aantal pixels, de maximale opnamefrequentie, aantal pixellijnen, etc. Voor demonstratiedoeleinden zullen wij kiezen voor een line-scan camera waarbij we een pixellijn van 45cm kunnen behalen met hoge resolutie en een snelheid van 2m/s. Indien de werkelijke snelheid hoger is, kan er gekozen worden voor een duurdere versie.

Omgevingsfactoren:

In een textielweverij zijn er verschillende omgevingsfactoren die een negatieve invloed kunnen hebben op de visuele inspectie. Er komt enorm veel stof vrij bij de productie van textiel en de weefmachines zorgen ook voor trillingen. De invloed van de aanwezigheid van stof op de lens is nog niet uitgetest en zal in een later stadium behandeld worden, alsook methodes om stof op de lens te voorkomen.

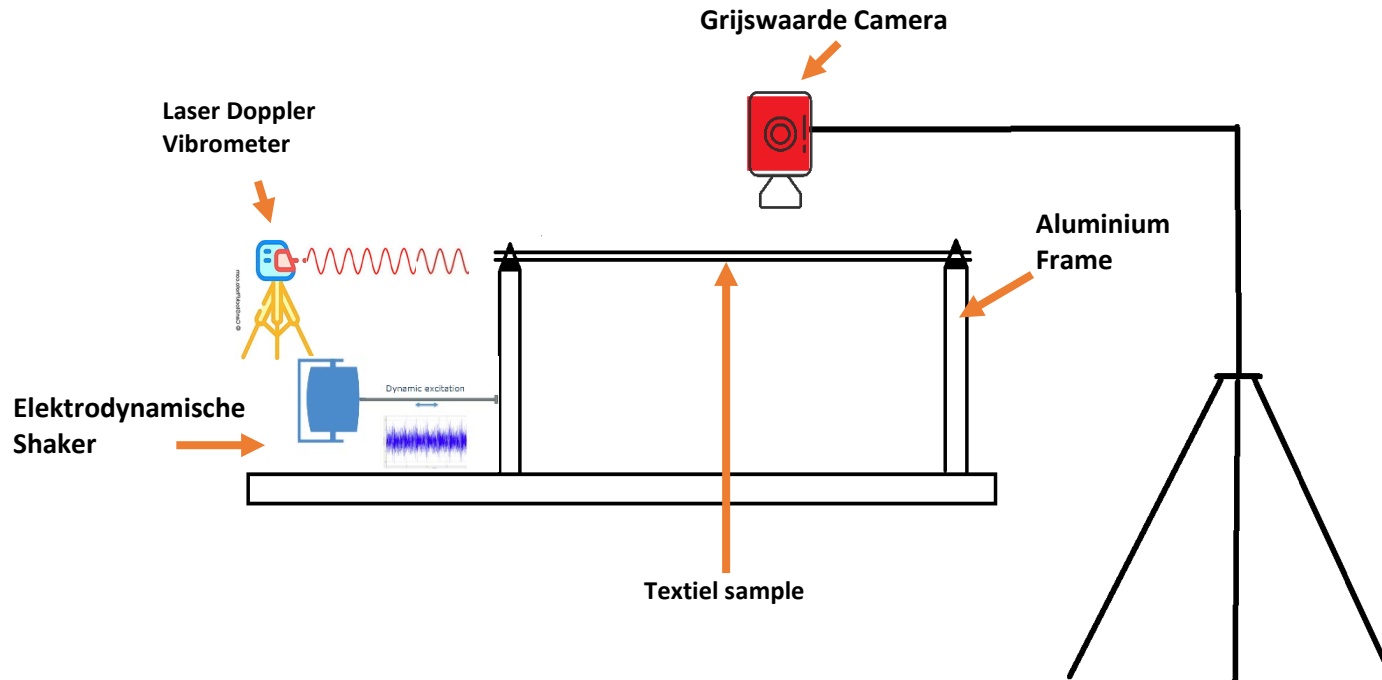
Naar de invloed van trillingen op de visuele inspectie is al wel een onderzoek begonnen. Tijdens het weefproces zijn er verschillende componenten in de weefmachine die mechanische bewegingen uitvoeren. Deze zorgen voor trillingen aan productiesnelheden van 160 tot 1200 "picks" per minuut. Om uit te testen welke invloed dit zal hebben op de camera's hebben we eerst de trillingen van drie verschillende weefmachines opgemeten bij het bedrijf ZZZ. De trillingen zijn contactloos opgemeten met behulp van een "Polytec" Laser Doppler vibrometer, ter beschikking gesteld door Konnexions.



Afbeelding 6. Contactloze trillingsmeting van weefmachine met behulp van Polytec laser Doppler vibrometer

De meetresultaten geven aan dat er voor de verschillende weefmachines trillingen voorkomen van 3Hz tot 1kHz. Om na te kunnen gaan welke invloed dit heeft op de camerasetup zal het opgenomen trillingssignaal worden gebruikt om de camerasetup in het labo te laten trillen. Zo kunnen de trillingen van de verschillende weefmachines in labo omstandigheden uitgetest worden. Het opgenomen signaal zal via een elektrodynamische shaker een kracht aanbrengen op de camerasetup.

Eerst is dit uitgetest op een aparte labosetup om het principe uit te testen. Hiervoor is een textielsample opgehangen op een aluminium frame, waar een kracht op



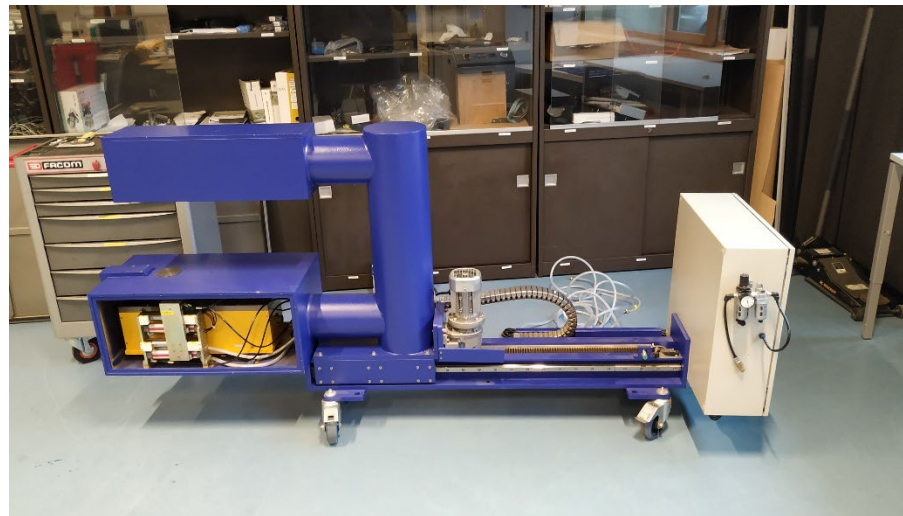
Afbeelding 7. Shaker stuurt opgenomen trillingssignaal in frame met camera-opstelling.

werd uitgeoefend doormiddel van een elektrodymische shaker. Het signaal waarmee de shaker wordt aangestuurd is hetzelfde als het opgenomen signaal van de verschillende weefmachines. Tijdens de trillingen neemt de camera beelden op van de textielsample en deze beelden worden achteraf met elkaar vergeleken door een pixelverschuiving algoritme.

Taak 3.2: Constructie van een prototype van een stofinspectietafel.

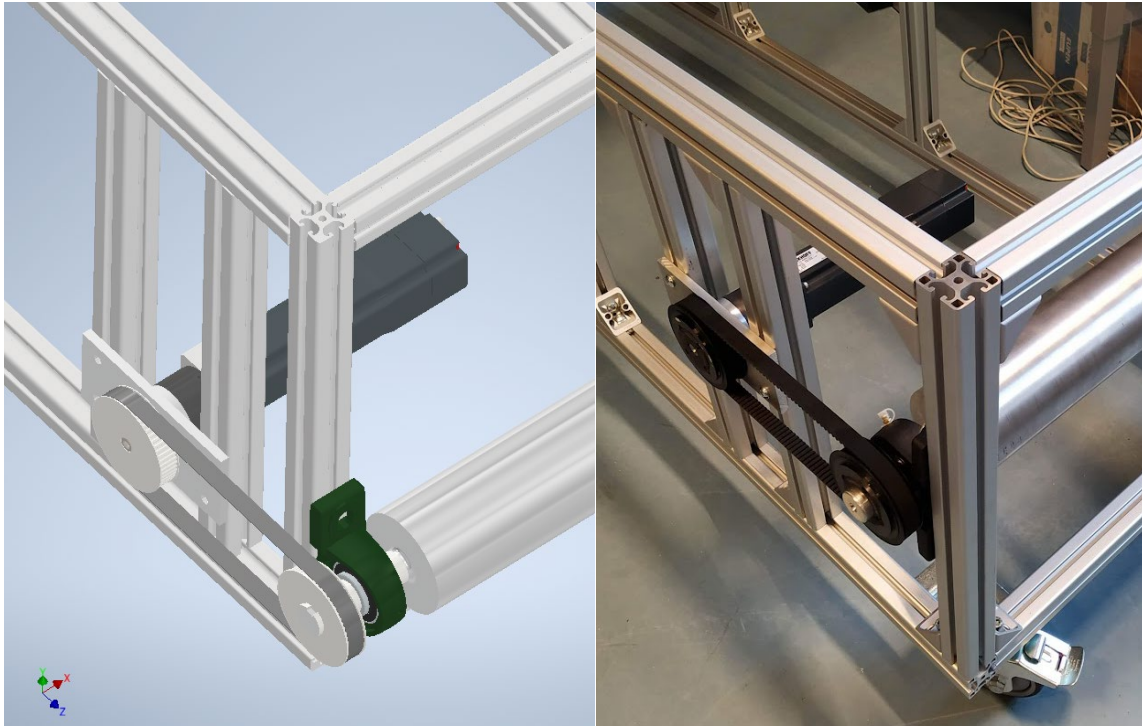
Voor de inspectie van het textielmateriaal worden de camera's gebruikt die ter beschikking zijn in het visielabo van InViLab. Er werd al snel beslist wegens logistieke redenen om een nieuwe stofinspectietafel te construeren in het labo van InViLab in plaats van bij Centexbel te Gent. Dit heeft ook als extra voordeel dat er altijd collega's aanwezig zijn met kennis van cameratechnieken en het schrijven van software.

De camerasystemen en lichtbronnen kunnen ingebouwd worden in een industriële C-frame verkregen van partner Konnexions. Deze frame heeft de mogelijkheid om in/uit de opstelling te rijden, wat onderhoud of aanpassingen vergemakkelijkt, zowel aan het rollensysteem als aan de camera's en lichtbronnen. Het frame is zeer robuust, waardoor de camera's nooit last zullen ondervinden van het rollensysteem tijdens operatie. De frame heeft ook een persluchtaansluiting wat eventueel gebruikt zou kunnen worden om de cameraruimte stofvrij te houden.

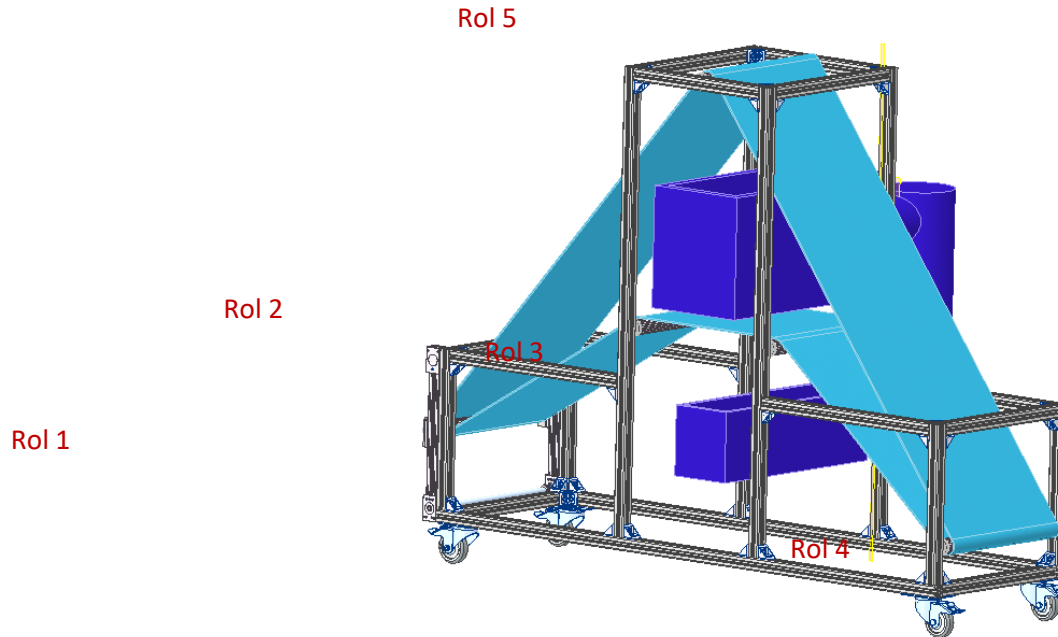


Afbeelding 8. C-frame om camera's en lichtbronnen in te bouwen, kan in/uitrijden via elektromotor.

Om de visietechnologie te kunnen valideren is een gesloten lus rollensysteem in ontwikkelingsfase. Dit bestaat uit een rol-tot-rol systeem waarop we een stuk textiel langs de camera's bewegen, zodat deze in een verder stadium geïnspecteerd worden op defecten. Om dit te verwezenlijken werd een frame ontworpen en gebouwd waarop de rollen gemonteerd worden. Er wordt voldoende ruimte voorzien zodat het C-frame met camerasystemen in de opstelling geschoven kan worden. Een belangrijk aspect is dat één van de rollen moet aangedreven worden zodat de stof op een regelbare snelheid langs de (lijnscaan)camera's kan transleren.



Afbeelding 9. Aandrijfrol in ontwerp (links) en uitgewerkt (rechts).



Afbeelding 10. Eerste ontwerp inspectiebank

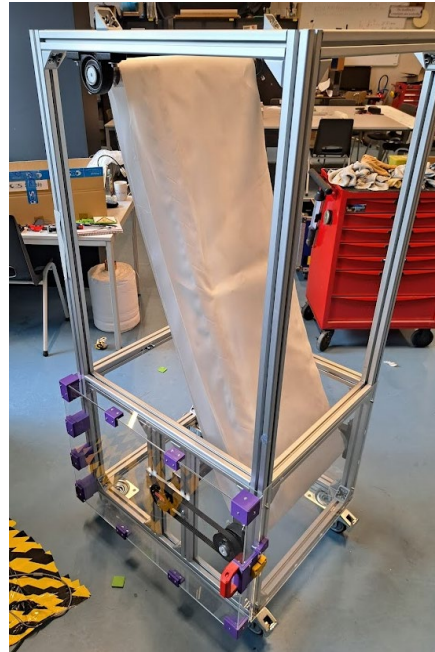
Op afbeelding 8. is een eerste prototype uitgetekend om het textielmateriaal in een gesloten lus langs de camerasystemen te bewegen die zich in het C-frame bevinden. Rol 1 zal worden aangedreven via een elektromotor die zich buiten het frame zal bevinden. Rol 2 en 3 hebben als doel het textiel loodrecht tegenover de camera's te houden. Rol 4 zal een aanpasbare rol worden, die het textielmateriaal kan aanspannen door de rol verticaal te transleren via een zelfontworpen mechanisme.

De afmetingen van de testbank zijn zodanig gekozen dat het geheel gemakkelijk transporteerbaar is en op verschillende textielbedrijven of zelfs beurzen kan tentoongesteld worden. De lengte van de textielsample zou ongeveer 6m bepalen en de breedte 45cm. Aangezien de bedrijven verschillende breedtes van textiel hebben (30cm – 6m) zal elke toepassing een op maat gemaakte camera moeten toegekend worden. Daarom zal een breedte van 45 cm voldoende zijn om onze foutdetectie algoritme te valideren. Als de textielbreedte een bepaalde drempelwaarde overschrijdt zal het ook noodzakelijk zijn om meerdere camera's naast elkaar te plaatsen om het geheel in beeld te krijgen.

Taak 3.3: Validatie van een prototype van een stofinspectietafel

Bij validatie van de eerste versie van de demonstrator blijkt dat de stof niet goed op de rollen blijft. Door het grote aantal rollen is de uitlijning hiervan zeer moeilijk. Daarom werd beslist om de demonstrator om te bouwen tot een compacter model. Dit heeft volgende gevolgen:

- Slechts 2 rollen uit te lijnen.
- C-frame niet meer toepasbaar
- Demonstrator is veel compacter en beter transporteerbaar waardoor deze ingezet kan worden op beurzen en showcases wat de verspreiding van de technologie ten goede komt.
- Kortere stalen kunnen nu ook getest worden. (3m i.p.v. 6m lengte)



Afbeelding 11 Demonstrator v2.0

Taak 3.4: Samenvatting en mijlpaal

Leverbaarheden en mijlpalen

M3.1 Haalbaarheidsanalyse en aanpassing van camerasystemen voor weefsels (M12)

D3.2/M3.2 Aanpassing en uitbreiding van de stofinspectietafel voltooid (M18)

D3.3/M3.3 Testdataset met succesvol gegenereerde afbeeldingen van stofdefecten (M18)

4. Werkpakket 4 – Ontwikkeling visietechnologie voor gecoate weefsels

Taak 4.1: Benchmarking van huidige inspectiesystemen

De meeste voorkomende huidige inspectiesystemen in de textielindustrie maken gebruik van radioactieve bronnen zoals X-rays. Om het gezondheidsrisico van deze schadelijke bronnen te vermijden, hebben enkele bedrijven veiliger inspectiesysteem op de markt gebracht. Een van zulke bedrijven is Hammer IMS, die machine learning gecombineerd met visie technologie om X-Ray-vrije inspectie oplossing te aanbieden.

Inspectiesystemen gebaseerd op visie technologie zijn een andere oplossing voor niet-radioactieve inspectie een visie technologie woord gebruik door bedrijven zoals BMSVision, Apixa, en Heliovision. Maar de meeste van deze bedrijven bieden oplossingen voor andere sectoren zoals de OEM maar niet voor de textielindustrie. De textielindustrie moet wel in connectie gebracht worden met de visietechnologie ontwikkelaars: enerzijds zouden de visietechnologie wereld leren van de uitdagingen van de textielindustrie rond inspectie en anderzijds zouden de textielindustrie leren wat de visietechnologie te aanbieden heeft toegepast voor de specifieke textiel inspectie noodzaken. Deze connectie tussen textiel en visietechnologie werelds voor de ontwikkeling van niet radioactieve visietechnologie is de basis van Inspect4.0 in samenwerking tussen Centexbel van de textiel wereld en InVilab van de visietechnologie wereld. De textiel inspectie system worden aangepast om te kunnen fouten detecteren in de productieomstandigheden vanuit de benchmark bij de begeleidingsgroep in WP3.

Taak 4.2: Definitie van cameraspecificaties

Het doel van deze taak is om de specificaties te definiëren waaraan de camera's moeten voldoen om een volledige beeldvorming van het gecoate textiel te garanderen. Deze taak bouwt voort op de resultaten van WP2, gecombineerd met de benchmarks in T4.1. Uiteindelijk zal deze taak resulteren in een ontwerpplan voor een optimale opstelling voor de benodigde camera's om minimaal de laagst acceptabele standaard te bereiken zoals gedefinieerd in T4.1, en idealiter de benchmarks te halen die zijn gesteld door de momenteel gebruikte inspectiemethoden.

Taak 4.3: Ontwikkeling van een montagesysteem voor online inspectie

In deze taak wordt een montagesysteem ontwikkeld waarmee de inspectiecamera's van T4.1 kunnen worden geplaatst op een semi-industriële coatingmachine bij Centexbel. Deze machine kan worden gebruikt voor verschillende coatingtechnieken die veel voorkomen in industriële omgevingen, en zou dus dienen als een ideale testbank voor de inspectie van gecoat textiel.

Taak 4.4: Verificatie visietechnologie

Het doel van deze taak is om te controleren of de camerasystemen die in T4.3 zijn gemonteerd, fouten in gecoat textiel kunnen detecteren. Centexbel zal voorbeelden geven van zowel ideale als onvolmaakte gecoate weefsels. Bovendien zullen er ook pogingen worden ondernomen om imperfect gecoate stoffen te maken tijdens het gebruik van de inspectie-instellingen. In deze taak zal tevens een samenvatting van de resultaten van T4.1-T4.4 worden geproduceerd, wat fundamenteel zal zijn voor WP6. Deze resultaten zullen de richtlijnen uitwerken voor de bevestiging van de demonstrator op een coatinginstallatie op industriële schaal.

Leverbaarheden en mijlpalen

M4.1: Benchmarking van huidige inspectiesystemen (M12)

D4.1/M4.2: Aangepaste opstelling voor inspectie van gecoat textiel (M18).

D4.2/M4.3: Dataset van defecten in gecoat textiel (M18).

M4.4: Samenvatting van de sterke en zwakke punten van de visietechnologie (M18).

Op basis van de eerste testresultaten werd besloten dat het opmeten van gecoate weefsels met de huidige beschikbaarheid van camera's niet haalbaar was. Dit, gecombineerd met het feit dat er vanuit de gebruikersgroep voornamelijk interesse was in het detecteren van productiefouten in geweven stoffen, werd besloten hierop voorlopig niet meer in te zetten. De gebruikersgroep verklaarde zich akkoord met deze wijziging van het projectplan.

5. Werkpakket 5 – Ontwikkeling van de AI voor visietechnologie.

De visietechnologie die is ontwikkeld in WP3 en WP4 wordt aangevuld met een AI-systeem om de beeldgegevens te analyseren. In dit WP leidt UAntwerpen de ontwikkeling van een foutendatabase, waarin de verschillende soorten fouten die kunnen optreden in zowel gecoat als geweven textiel worden gecatalogiseerd. De database

wordt opgedeeld in trainingsgegevens en validatiegegevens om het succes van het foutdetectiesysteem te helpen verzekeren.

Taak 5.1: Ontwikkeling van een defectencatalogus

Taak 5.2: Aanmaken van de database

Aangezien een machine learning algoritme gegevens nodig heeft om te trainen, is een database een belangrijk startpunt. Deze database moet talrijk genoeg zijn, om de efficiëntie van de AI te maximaliseren. Een database bestaat uit samples. Deze samples zijn kleine stukjes textiel. Met behulp van een speciale textielschaar werden stalen geknipt met formaat (10x8cm). De database bestaat uit vijf verschillende textielsoorten verkregen van de textielbedrijven uit de begeleidingsgroep. In totaal zijn er 374 stalen (weefstof, tapijt, ffp2, linnen en fluorescerende stof) in gescand. Om een AI op de stalen te laten trainen, moeten er eerst foto's van de stalen worden genomen. Hiervoor moet met een aantal aspecten rekening worden gehouden. Ten eerste kunnen niet alle fouten in textiel gemakkelijk worden opgespoord. Met alleen een RGB-camera zou een database kunnen worden aangelegd. Deze camera's zijn echter, net als onze ogen, beperkt tot een bepaald golflengtebereik. Om een breder spectrum te kunnen inspecteren, moet naar meer dan alleen het zichtbare lichtspectrum worden gekeken.

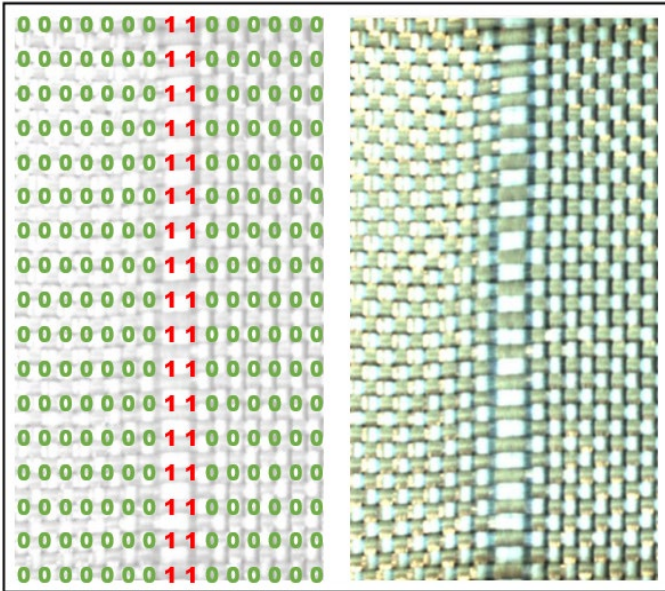
Het tweede aspect is de kalibratie. Indien meerdere soorten camera's worden gebruikt, moeten de beelden uniform op elkaar zijn afgestemd. Dat betekent niet alleen dat de beelden op de x- en y-as moeten worden uitgelijnd, maar ook dat rekening moet worden gehouden met de vervorming die door de cameraleens wordt veroorzaakt. Infraroodcamera's hebben bijvoorbeeld vaak een zogenaamde "fisheye-lens". (*meer informatie over deze kalibratiemethode bij taak. 2.1*). Deze camera's hebben een groot bereik, maar dit gaat ten koste van het feit dat rechte lijnen op het beeld gebogen lijken te zijn. Om deze twee problemen aan te pakken, wordt de databank opgebouwd door samples in te scannen met de MuSIC-installatie (Multispectral Inspection system). De MuSIC-installatie is een door InViLab ontworpen vision-inspectiemachine. Een platform op een translatiestage wordt van links naar rechts onder verschillende camera's, licht- en warmtebronnen getransleerd. De MuSIC is uitgerust met een RGB-camera, een UV-camera, een infraroodcamera en een multispectrale camera. Met behulp van deze vier camera's wordt een 30 lagen hypercube gecreëerd waarop het machine learning algoritme getraind kan worden.



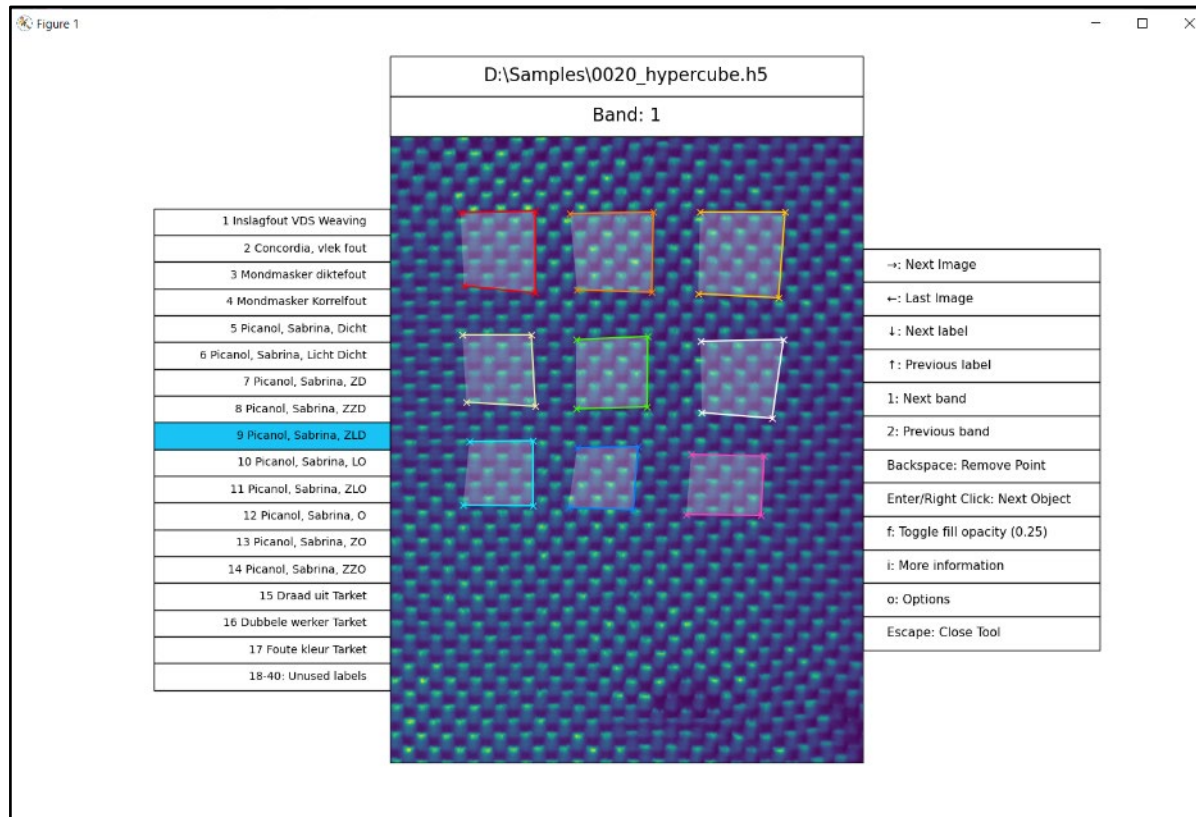
*Afbeelding 12. QR gelabelde textielsamples van de verschillende bedrijven in de begeleidingsgroep.
In klein formaat geknipt om via de MuSIC in te scannen.*

De gegevens moeten gelabeld worden om een "ground truth" te creëren, zodat het algoritme op de beelden kan trainen. Aangezien in dit document een beeldsegmentatiemodel wordt gebruikt, is een "fout" of "goed" label niet voldoende. In plaats daarvan moet elke pixel die de fout in het textiel bevat, worden geselecteerd. Meer bepaald wordt de afbeelding gekopieerd, en elke pixel die de fout niet bevat krijgt de waarde 0, terwijl elke pixel die de fout wel bevat de waarde 1 krijgt. Hierdoor kan de AI dit gebruiken als de grondwaarheid waarmee hij vergelijkt om een idee te krijgen van hoe ver zijn voorspelling van de werkelijkheid is.

Het gekopieerde beeld met 0 of 1 waarden wordt een masker genoemd. Het masker kan worden voorgesteld als een laag die op het originele beeld kan worden geplaatst om het kenmerk af te dekken dat moet worden gesegmenteerd.



Afbeelding 13. Maskercreatie op textielsamples.



Afbeelding 14. Annotatietool om verschillende maskers aan te duiden voor de verschillende soorten defecten.

Een annotatietool is gecreëerd om de verschillende soorten fouten van elkaar te onderscheiden. Het neemt H5-bestanden als invoer, omdat dit bestandsformaat het mogelijk maakt maskers te maken voor x beelden door slechts één masker te tekenen (waarbij x het aantal banden is, in dit geval 30). De annotatie kan echter ook gebeuren met JPG, PNG of TIF-bestanden als invoer. De afbeeldingen worden geopend in een interactief venster, waar de gebruiker punten kan plaatsen. De punten worden verbonden door het gereedschap en geven een gebied weer. Dit gebied wordt geconverteerd naar het masker als het klaar is. Meerdere losgekoppelde maskers van hetzelfde label, of meerdere verschillende labels kunnen per afbeelding worden aangemaakt.

Het aantal labels is aanpasbaar De huidige versie van de Annotator bevat 40 te onderscheiden labelkleuren. De gebruiker kan echter zoveel kleuren toevoegen als nodig is.

CVAT

Ideale resolutie van de stalen:

Vereist detail in de afbeelding: DPI

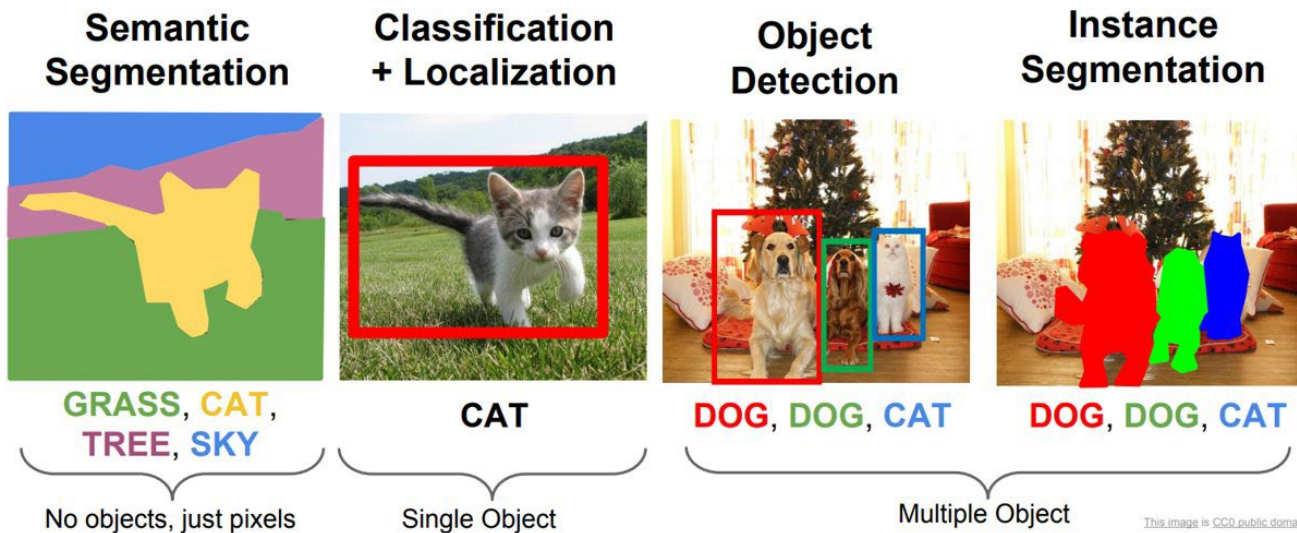
Afbeeldingsgrootte aangeleverd aan het model: resolutie van de foto

Taak 5.3: Ontwikkeling van een AI-foutdetectie- en classificatie-algoritme

Het doel van deze taak is de ontwikkeling van een kunstmatig intelligentie-algoritme (AI) dat met succes defecten classificeert in gegeven data (afbeeldingen in-situ van het proces). Het startpunt is de foutendatabase van taak 5.2, het camerarsysteem (WP2) en gebruikte CNN-structuren (convolutioneel neuraal netwerk). Het neurale netwerk wordt getraind met behulp van de gelabelde foutbeelden volgens de methodologie gebaseerd op Kotsiantis [Kot07] (zie Figuur 5). De onderzochte gegevens zijn de foutafbeeldingen die in Taak 5.2 zijn gemaakt met de bijbehorende beschrijving. Om het AI-algoritme te evalueren, is de database onderverdeeld in trainingsgegevens (90%) en validatiegegevens (10%). Het algoritme werkt succesvol als de validatiedataset met een herkenningpercentage van 99% met succes wordt geclassificeerd na de training.

Verschillende methoden werden getest en uitgewerkt om fouten op te sporen in textiel.

We maken onderscheid tussen verschillende detectiemethoden, classificatie, segmentatie, detectie, instantie segmentatie (Afbeelding 15).



Afbeelding 16 Verschillende soorten objectherkenning

Om hiertoe te komen moet de dataset op de juiste manier aangeleverd worden. Over het algemeen kan je stellen dat de data en labels apart opgeslagen worden in een vooraf bepaalde mappenstructuur. De data, zijnde de afbeeldingen met het textiel, worden meestal in een gecomprimeerd afbeeldingsformaat opgeslagen, zoals jpg. De labels kunnen op verschillende manieren opgeslagen worden. Dit kan in een afbeeldingsformaat zijn, waarbij elke pixel een waarde krijgt die overeenkomt met een categorie. Het nadeel hier is dat overlappende categorieën moeilijker te beschrijven worden. Een andere manier is om de labels op te slaan in een gestructureerd tekstbestand. De extensie kan verschillen maar is vaak xml, yaml of json.

De manier waarop de labels en afbeeldingen opgeslagen worden zeer strikt op voorhand bepaald zodat deze nadien op de juiste manier ingeladen kunnen worden in het programma dat de data laadt en het model daarop traint. Zo zijn er verschillende algemeen gebruikte dataset formaten. In CVAT, het programma dat tijdens de workshop aangebracht werd, zijn er een aantal ingebouwde formaten beschikbaar.

```
{
  "area": 5.0,
  "attributes": {
    "occluded": false
  },
  "bbox": [
    1788.0,
    509.5,
    3.5,
    4.0
  ],
  "category_id": 4,
  "id": 2,
  "image_id": 1,
  "iscrowd": 0,
  "segmentation": [
    [
      1791.0,
      513.5,
      1788.0,
      509.5,
      1791.5,
      510.0,
      1791.0,
      513.5
    ]
  ]
},
```

Afbeelding 17 Voorbeeld van een label in een COCO dataset formaat JSON bestand

Verschillende types neurale netwerken werden uitgewerkt en op punt gezet binnen het project om specifiek op textiel te trainen.

Traditionele computer visie technieken

Hough lines
SVM

Random Forest, KNN, Decision Tree, Naive Bayes classifier

Deep learning

CNN

Een convolutioneel neuraal netwerk (CNN) is een klasse van diepe neurale netwerken die het meest worden toegepast om visuele beelden te analyseren. Ze hebben toepassingen in beeld- en videoherkenning, aanbevelingssystemen, beeldclassificatie, beeldsegmentatie, medische beeldanalyse, natuurlijke taalverwerking, brain-computer interfaces en financiële tijdreeksen.

Een CNN bestaat uit een invoerlaag, verborgen lagen en een uitvoerlaag. In een convolutioneel neuraal netwerk bevatten de verborgen lagen één of meer lagen die convoluties uitvoeren.

De mogelijke uitvoer van een convolutioneel neuraal netwerk (CNN) kan verschillende vormen aannemen, afhankelijk van de toepassing. Enkele voorbeelden zijn:

- Classificatie van afbeeldingen
- Objectdetectie
- Segmentatie van afbeeldingen

Architecturen van CNN's die tijdens het project getraind werden zijn:

UNET

Transfer learning

ResNet

AlbUNet: U-Net with ResNet encoder

MCNN

UMA

GAN

6. Werkpakket 6 – Demonstrator.

Dit werkpakket behandelt de integratie van alle onderdelen die in de vorige werkpakketten zijn ontwikkeld, samen met een gebruikersinterface die in dit werkpakket zal worden ontwikkeld. In dit WP worden de eerder ontwikkelde systemen samengebracht in twee verschillende demonstratieopstellingen. Er wordt één demonstrator voor geweven stoffen op een lichttafel geproduceerd, samen met een demonstrator voor gecoate stoffen op een rol-tot-rol opstelling.

Taak 6.1: Ontwikkeling van een gebruikersinterface (UI)

Deze taak betreft het ontwikkelen van een User Interface (UI) voor de eerder gerealiseerde demonstratoren. De gebruikersinterface moet de demonstratoren gebruiksvriendelijk maken en een duidelijk overzicht geven van de fouten die in het geïnspecteerde textiel zijn ontdekt. Om de demonstrator gemakkelijk te kunnen bedienen, moet een scherm op of naast de unit worden geïntegreerd.

Taak 6.2 Ontwikkeling van gebruiksrichtlijnen/gebruikershandleiding

Dit doel van deze taak is om gebruiksrichtlijnen te ontwikkelen voor de setup ontwikkeld in T5.2 en T5.3. Het primaire doel is om een gemakkelijke overdracht van kennis naar de gebruiker van de machine te vergemakkelijken.

Taak 6.3: Verificatie van de demonstratoropstelling

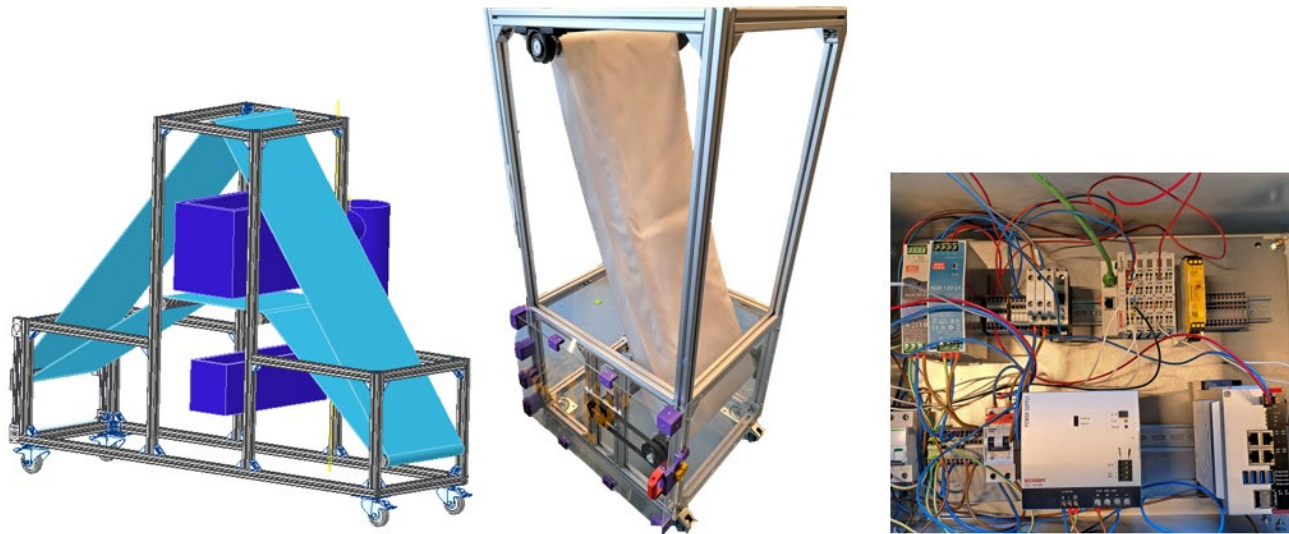
Deze taak zal de functionaliteit van de volledige setup verifiëren: de producten van WP3 en WP4, samen met de bijdrage van WP5 en de UI setup van T6.1. Er zal met name gebruik worden gemaakt van T3.1 en T4.1 om de nieuwe inspectieopstellingen te vergelijken met reeds in gebruik zijnde systemen.

Leverbaarheden en mijlpalen:

D6.1: Een set richtlijnen voor het gebruik van de twee demonstratiemodellen (M18).

D6.2: Een demonstrator voor gewezen stoffen (M21).

D6.3: Een demonstrator voor gecoate weefsels (M21).



Afbeelding 18 Demonstrator v2.0 met Beckhoff industriële PC en getrainde python algoritmes voor foutdetectie

BEREIK VAN HET INNOVATIEDOEL

Geef BONDIG aan in welke mate het algemene innovatiedoel en de concrete criteria van het project werden behaald.

Algemeen innovatiedoel

Het doel van Inspect 4.0 is machine learning en machine visietechnologie te combineren en te integreren in een flexibel en nauwkeurig kwaliteitsinspectiesysteem dat kan worden ingezet in een verschillende textielfabricage-opstellingen.

Op basis van de hierboven beschreven deliverables, kunnen we besluiten dat het algemeen innovatiedoel van het Inspect 4.0 project werd behaald.

Concrete criteria:

- Aanwenden van bestaande en nieuwe **visietechnologie voor geweven stoffen**. Camera's werden gekozen en er werd een opstelling gebouwd om inspectie met de visie-technologie mogelijk te maken op een inspectietafel die vergelijkbaar is met die welke al in de industrie worden gebruikt. (KPI2: Geweven en gecoate textielen van partners zullen worden geanalyseerd op de ontwikkelde meetopstelling)
- Er werden gedurende het project **meerdere cases** behandeld. Onze ambitie was geen black-box modellen te ontwikkelen en te gebruiken maar de modellen case-by-case op te bouwen en verder te optimaliseren met de testdata. Op basis van de geringe testdata beschikbaar, is dit grotendeels behaald.
- Aanwenden van bestaande en nieuwe **visietechnologie voor gecoate stoffen**. Op basis van de eerste testresultaten werd besloten dat het opmeten van gecoate weefsels met de huidige beschikbaarheid van camera's niet haalbaar was. Dit, gecombineerd met het feit dat er vanuit de gebruikersgroep voornamelijk interesse was in het detecteren van productiefouten in geweven stoffen, werd besloten hierop voorlopig niet meer in te zetten.
- **Ontwikkeling van een demonstrator**. Er werd een demonstrator voor geweven stoffen op een lichttafel geproduceerd, op rolconfiguratie. (KPI3: De demonstratoren uit het project zullen via workshops, seminars, vakliteratuur en online video's breed kenbaar worden gemaakt aan de textielindustrie). Deze zal in de nabije toekomst aangewend worden voor workshops, disseminatie-dagen en beurzen.
- **Uitvoeren van een haalbaarheidsanalyse**. De technologie zal on-site worden toegepast en gedemonstreerd voor gebruik in een industriële setting, met een partner gekozen uit de begeleidingsgroep. Dit werd finaal gerealiseerd in samenwerking met XXX.

RESULTATEN

TERUGBLIK (5-tal pagina's excl. cases)

- *Tot welke concrete resultaten/realisaties heeft dit project geleid bij de doelgroepondernemingen? Geef een overzicht van het aantal (en welke) ondernemingen waar een specifieke innovatie/verandering opgestart werd en over het aantal (en welke) innovaties die bij de doelgroepondernemingen werden doorgevoerd tijdens het project (zoals gedefinieerd in respectievelijk KPI 1).*
Het begrip 'innovatie/verandering' kan breed ingevuld worden en omvat (niet limitatief) implementaties, lanceringen, ontwikkelingen of gebruik van (ver)nieuw(d)e producten, processen of diensten.

- Geef, ter illustratie van de behaalde resultaten, een overzicht van de belangrijkste uitgevoerde en gedocumenteerde validaties (uitgevoerde cases, proefsessies, succesverhalen, ...) die bruikbaar zijn om de kennis beter te verspreiden en licht ze kort toe. Cases die voor communicatiedoelinden gebruikt mogen worden, kunnen ook op elk moment via de rubriek 'meldingen' in het voortgangsverslag genoteerd worden. Als hiervoor interviews/artikels opgemaakt worden door het agentschap, worden deze na publicatie ook ter beschikking gesteld van de projectuitvoerders.

Overzicht behaalde resultaten Tetra project Inspect 4.0:

Succesindicatoren (KPI's)		
Verplichte KPI's	Status sep/23	Streefcijfer bij afloop project
KPI 1: het aantal tijdens de projectuitvoering geïdentificeerde unieke ondernemingen & social profit organisaties die aangeven de kennis van het TETRA-project toe te zullen passen	54	> 20
KPI 2: het aantal gedocumenteerde validaties (i.s.m. de doelgroep) die bruikbaar zijn om de kennis beter te verspreiden	9	10
Andere belangrijke projectspecifieke KPI's		
KPI 3: het aantal unieke Vlaamse bedrijven die dankzij het project aangeven te weten welke mogelijkheden er bestaan betreffende multispectrale visiesystemen voor kwaliteitsinspectie		
	48	80
Disseminatie zal gebeuren door:		
Workshops, opleidingen + seminars, (zowel online als fysiek)	6	5
Congressen	2	2
Papers	3	3

Concrete resultaten:

Ondanks het beperkt aantal samples kunnen we stellen dat de projectpartners er in zijn geslaagd een database op te bouwen die het mogelijk maakt aan de hand van relatief goedkoop materieel een fout te detecteren. Dit werd tevens gedemonstreerd bij het bedrijf XXX waarvoor een mobiele meetopstelling werd gebouwd op basis van een flightcase waarin een industriële Beckhof PC werd geïnstalleerd, voorzien van batterij om compactheid en mobiliteit mogelijk te maken. Verder werden lage kost RGB en grijswaarden visuele camera's gebruikt om de beperkte database op te bouwen en automatisch fouten te detecteren aan de hand van een python identificatie algoritme dat vrij ter beschikking werd gesteld aan de leden van de gebruikersgroep en deelnemers van de AI-workshop op 28/04/2023. De code kan vrijblijvend getest worden op aanvraag. De info werd medegedeeld, voorzien van de nodige support van onze onderzoekers om de deelnemende bedrijven wegwijs te maken van de mogelijkheden zonder te focussen op de toeters en bellen.

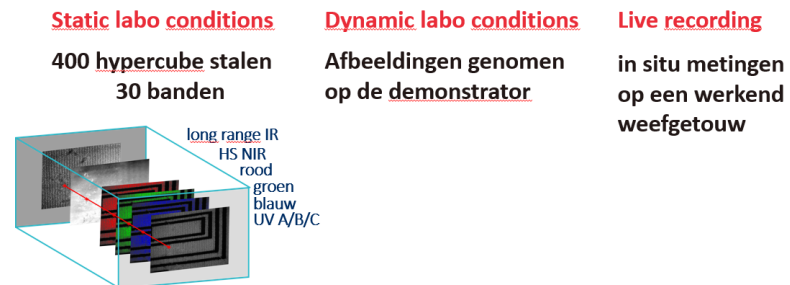
Concreet zal deze technologie worden gebruikt worden bij YYY en XXX, de bedrijven die ons actief ondersteund hebben in het vergaren en annoteren van de nodige data sets om een bruikbaar model te genereren.

Ook WWW zet verder in op AI om automatische foutdetectie te implementeren tijdens en na het productieproces van geweven textielen. Wat de overige bedrijven betreft, is het voor de projectpartners niet geheel duidelijk of de aangereikte technologie nog verder zal aangewend worden op zelfstandige basis. De enquêteringen wijzen uit dat de aangereikte info en kennisopbouw tijdens het project nuttig was maar er niet onmiddellijk zicht is op verdere implementeren van deze technologieën. De projectpartners zullen in de zeer nabije toekomst op individuele basis contact opnemen met de bedrijven uit de gebruikersgroep om te bekijken in welke mate wij nog ondersteuning kunnen bieden om de ontwikkelde kennis verder te implementeren in individuele bedrijfscontext en specifieke cases.

Ook vanuit het buitenland is er interesse in de ontwikkelde technologie, in die mate dat een vervolgproject in samenwerking met Duitse bedrijven op dit ogenblik wordt gedefinieerd. Het doel is om verdere inspanningen te leveren om de 'gap' tussen de technologie providers met typische black-box inspectiesystemen en textiel verwerkende bedrijven kleiner te maken. De toekomst zal uitwijzen in welke mate dit kan gefaciliteerd worden.

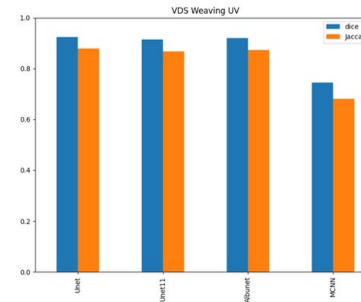
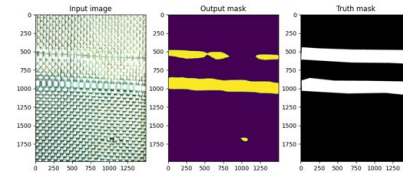
Overzicht van de belangrijkste uitgevoerde en gedocumenteerde validaties:

D2.1/M2.1 Database van voorkomende defecten in textiel binnen de gebruikersgroep



Gedurende het project werden zowel stalen geanalyseerd en geïnspecteerd onder statische labo condities als onder dynamische labo condities. Onder statische labo condities verstaan we het opmeten van de verschillende stalen op het InViLab MuSiC meet- en inspectiesysteem. In totaal werden 400 hypercube stalen geanalyseerd waarbij de metingen werden onderverdeeld en opgemeten met verschillende camera's in 30 golflengtebanden. Zowel lange golf IR, hyperspectraal NIR, RGB als grijswaarde beelden werden opgemeten. Tijdens het finaliseren van de textielinspectie demonstrator werden de opgemeten samples tevens getest onder dynamische condities waarbij het rollensysteem werd aangedreven door een elektromotor. Tenslotte werd een live demo voorzien ter plaatse bij XXX, waarbij het ontwikkelde mobiele meetinspectiesysteem werd gedemonstreerd.

inslagfout



Op basis van de aangereikte samples door het bedrijf uit de gebruikersgroep XXX, werd de kwaliteit van detectie van een reële inslagfout onderzocht. De beschikbare neurale netwerken die geïmplementeerd werden in python werden vergeleken op basis van kwaliteit van detectie. Zoals men uit de rechter grafiek kan vaststellen, was voor de verschillende netwerken de kwaliteit van detectie rond de 90%, wat aanvaardbaar is gezien de beperkte dataset waarop de netwerken werden getraind.

: kleurfout

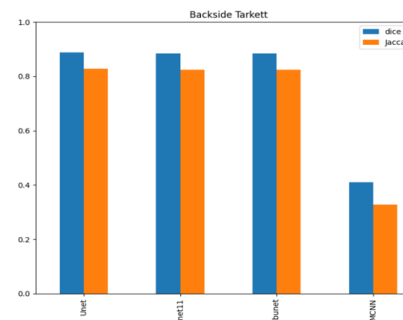
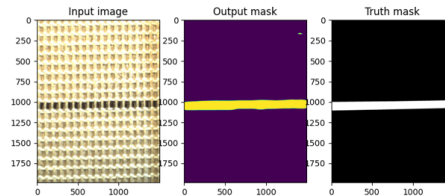
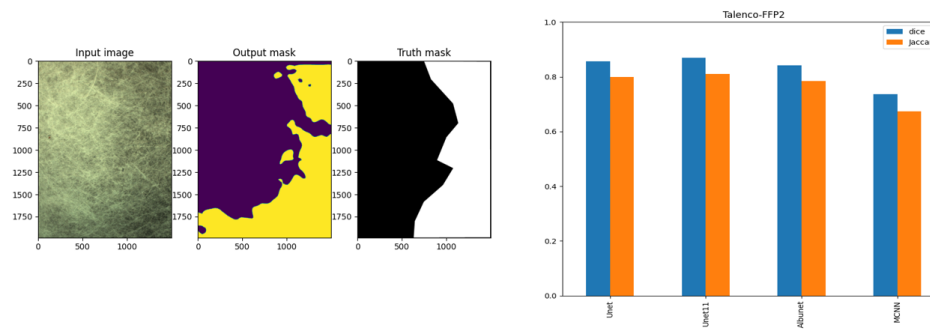


Figure 16: Backside Tarkett comparison table

Het bedrijf uit de gebruikersgroep ZZZ leverde een aantal samples aan, waarop kleurfouten aanwezig waren. Conventionele visietechnologie (oa thresholding) werd opnieuw vergeleken met de beschikbare AI-modellen. In de rechter grafiek kan men alweer de kwaliteit van detectie van de verschillende neurale netwerken vaststellen. Opnieuw bedraagt de kwaliteit van detectie ca 90%, met uitzondering van het Multiple Convolutional neural network (MCNN) waarbij de kwaliteit van detectie gevoelig lager ligt. De reden hiervoor is niet duidelijk, maar zou opnieuw kunnen te wijten zijn aan de beperkte dataset waarvoor dit neurale netwerk misschien wel gevoeliger is dan de overige neurale netwerken.

Materiaaldikte



Het lid van de gebruikersgroep UUU wou onderzoeken op visietechnologie ook in staat is, variaties in materiaaldikte van de geproduceerde textielen te detecteren. Links ziet u het sample waarop een afwijkende materiaaldikte kan vastgesteld worden op basis van variatie in grijswaarde. Door opnieuw gebruik te maken van thresholding kan een diktemap worden geproduceerd. Additioneel werden opnieuw de beschikbare neurale netwerken aangewend op de afwijkende materiaaldikte nauwkeurig te detecteren. De neurale netwerken zijn in staat deze afwijkingen te detecteren met een nauwkeurigheid die varieert tussen 70% en 90%.

Inslagkwaliteit

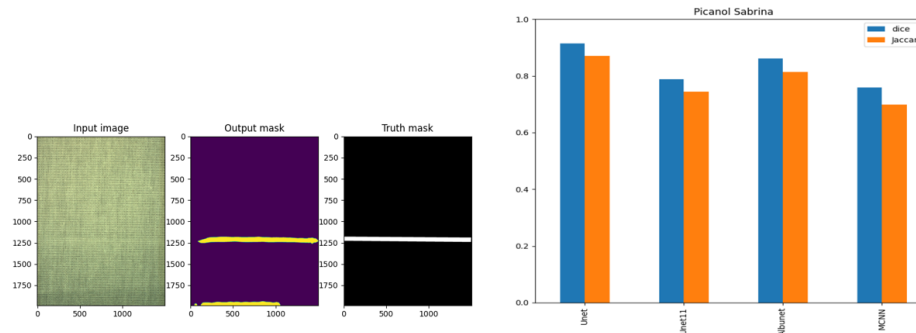


Figure 18: Picanol-Sabrina comparison table

coating contaminations

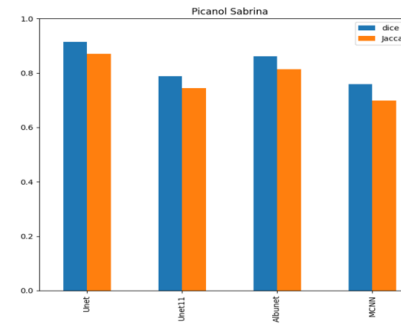
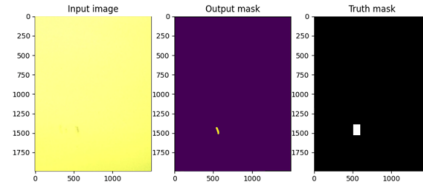
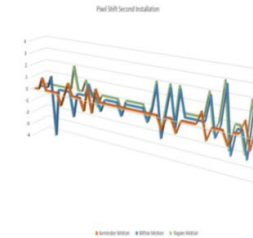
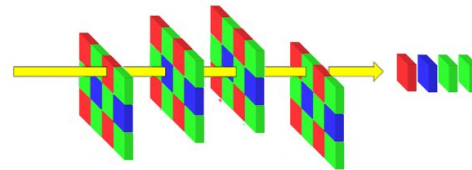


Figure 18: Picanoi-Sabrina comparison table

M3.1 Haalbaarheidsanalyse en aanpassing van camerasystemen voor weefsels

Trillingsanalyse - Invloed op camera's

Opmeting met laser Doppler vibrometer (LDV)



Axminster-type vibrations little effect
 Wilton- and the Rapier-type vibrations have more effect
 pixelshift ≤ 4 pixels
 occurrence 1/100 frames per second

In samenwerking met het bedrijf Konnexions uit de gebruikersgroep, werd de invloed van trillingen op het camerasysteem onderzocht. Dit heeft als doel de gevolgen van de trillingen op de meetkwaliteit in kaart te brengen en te analyseren. De trillingsanalyse werd uitgevoerd aan de hand van een laser doppler vibrometer. Er werd een kalibratie pixel frame gegenereerd waarbij de optredende trillingen een verschuiving van de pixelframe veroorzaken. Uit de resultaten blijkt dat Axminster trillingen weinig effect hebben op de meetkwaliteit. Anderzijds hebben Wilton-Rapier trillingen veel meer effect op de op de pixelshift. Maar al bij al blijft de pixelshift beperkt tot maximum 4 pixels. Deze pixelshift treedt op eens om de 100 frames per seconde.

IMPACTANALYSE

Resultaten van bevraging van de doelgroep

Aan het eind van het project wordt door de projectuitvoerder(s) een bevraging georganiseerd bij de doelgroepondernemingen.

De vragen die gesteld moeten worden aan de ondernemingen zijn:

- In welke mate werd er tijdens het project nieuwe kennis opgedaan binnen de onderneming die bijdraagt aan de toekomst van de onderneming (antwoorden: niet – beperkt – zeker wel – zeer veel).
Zo ja, geef aan welke specifieke kennis, die ook in de toekomst nuttig/relevant zal zijn, uw onderneming als gevolg van het project, heeft opgedaan?
- In welke mate heeft het project bijgedragen aan de groei/economische positie van de onderneming (antwoorden: niet – beperkt – zeker wel – zeer veel – nu nog niet, wel in de toekomst)?

De populatie dient voldoende groot te zijn. Minimaal worden de ondernemingen bevraged waar een specifieke innovatie of verandering werd opgestart binnen de projectduur (zoals gedefinieerd in KPI 1). Indien dit een groot aantal ondernemingen betreft, kan men zich beperken tot een steekproef van minstens 50 ondernemingen.

Licht kort de gehanteerde aanpak toe voor het verzamelen van de nodige gegevens bij de bereikte ondernemingen uit de doelgroep (bepaling van de steekproef).

Geef in een korte analyse de belangrijkste conclusies weer van de bevraging, met in bijlage een lijst van de bevragede ondernemingen (en de respons rate). De resultaten van de individuele bevragingen moeten niet aan het agentschap bezorgd worden, maar dienen wel ter beschikking gehouden te worden

Tijdens de loop van het project zijn bevragingen van de doelgroep gebeurd op twee vlakken: (1) regelmatige feedback aanvraag en bevraging bij de project begeleidingsgroep, en (2) bevraging bij de bredere groep met non-profit organisaties doelgroepsondernemingen, die bestaat uit leden en niet-leden van de project begeleidingsgroep.

Gebruikersgroep bevraging

Er waren veel interacties met de leden van de begeleidingsgroep ofwel tijdens een-op-een vergaderingen (bv. bezoek bij hun bedrijven, email communicatie, online (TEAMS) overleg), tijdens begeleidingsgroep vergaderingen (online via TEAMS of fysiek zoals tijdens de eerste begeleidingsgroep meeting bij InViLab).

Tabel 3: Samenvatting resultaten van de bevraging van de begeleidingsgroep na de eerste begeleidingsgroep meeting op 29 maart 2022 bij InViLab. De gedetailleerd resultaten zijn de vinden in Bijlage 1 (pagina **Error! Bookmark not defined.**)

	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4	Vraag 5
Gemiddelde	4,3/5	4,2/5	4,5/5	4,3/5	3,5/5
Standaardafwijking	0,52	0,75	0,55	0,52	0,84

Vraag 1: Is het project nog steeds relevant voor uw onderneming?

Vraag 2: Wat vindt u van het projectverloop en de tot hiertoe behaalde resultaten?

Vraag 3: Hoe tevreden bent u over de ruimte voor interactie en sturing?

Vraag 4: Hoe tevreden bent u met de behandelde punten in de gebruikersgroep?

Vraag 5: Zijn er (mogelijke) toepassingen van concrete, bruikbare resultaten bij uw eigen onderneming (of uw ledenbedrijven) op korte termijn?

Opmerkingen:

- Vraag 5 moeilijk te beoordelen. Slechts korte tijd gependend aan bespreken van resultaten

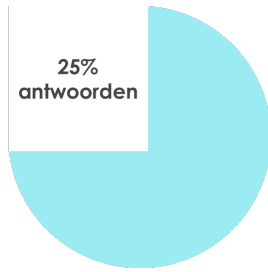
- *Nog vroege fase om concrete toepassingen te zien*
-

Tabel 3 geeft een samenvatting van resultaten van de bevraging na de eerste gebruikersgroep meeting op 29 maart 2022. De resultaten tonen de duidelijke relevantie van het project voor de leden van de begeleidingsgroep voor gemiddeld 86% (4.3/5). De cijfers blijven gelijkaardig omtrent de toen behaalde resultaten van het project, de ruimte van interacties binnen het project en de behandelde punten binnen de begeleidingsgroep. Vraag 5 over de toepassing van de resultaten van het project binnen de bedrijven van de gebruikersgroep leden scoren weinig (70% of 3.5/5) doordat het project was enkel op zijn beginfase en bedrijven keken erna toekomstige resultaten.

Tijdens de uitloop van het project waren er mondelinge bevragingen van feedback aan de verschillende bedrijven en de feedback woord gebruikt om het project te sturen, enerzijds, en anderzijds te bepalen hoever de behaalde resultaten nog relevant blijven tegenover de verwachtingen en uitdagingen rond textiel inspectie voor de leden van de begeleidingsgroep. Voor de laatste online begeleidingsgroep meeting op 8 juni 2023, 4 maanden voor het eind van het project, is een schriftelijk feedback van leden van de begeleidingsgroep geweest voor de vergadering en de resultaten woorden besproken tijdens de vergadering. De antwoorden kwamen vanuit een kwart van bedrijven binnen de begeleidingen groep.

Zoals toegegeven in de samenvatting van Tabel 4, de feedback van de begeleidingsgroep vis-a-vis professionele netwerking en interacties met andere bedrijven was positief gebleven sinds het begin van het project. Qua resultaten, de begeleidingsgroep was nog geïnteresseerd in concrete resultaten vanuit het project zoals een lijst van types camera's en passende verlichting en golflengte voor elk soort textiel fout maar ook een overzicht van markt data zoals prijzen een apparaten die ze kunnen gebruiken voor hun productie omgevingen. Zonder die informatie gaven de leden van de begeleidingsgroep dat hun kennisopbouw beperkt was. Enige leden van de begeleidingsgroep hadden de verschillende events binnen het project, vooral de workshops, zo dat hun niet Nederlandstalige collega's ook deelnemen konden.

Tabel 4: Samenvatting van de bevraging van de begeleidingsgroep voor de laatste online begeleidingsgroep meeting op 8 juni 2023. Zie Bijlage 2 (pagina **Error! Bookmark not defined.**) voor de gedetailleerde antwoorden.

<p>Vraag 1: Wat zou u willen zien gebeuren in Inspect4.0?</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Concrete overzicht van type camera's, lichtbronnen, golflengten voor verschillende textiel fouten en productieomstandigheden</i> • <i>Technische details, prijzen en toepassingen van gebruikte camera's en lichtbronnen</i> 	 <p>25% antwoorden</p>
<p>Vraag 2: Hebt u nieuwe contacten of kennis via Inspect4.0 die zal uw werkt beïnvloeden?</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kennisopbouw is beperkt vooral voor bedrijven met expertise en omdat Vraag 1 nog niet afgewerkt is</i> • <i>Netwerking: nieuwe contacten voor kort en lang termijn samenwerking</i> 	
<p>Vraag 3: Wat was uw ervaring met Inspect4.0 in het algemeen?</p>	

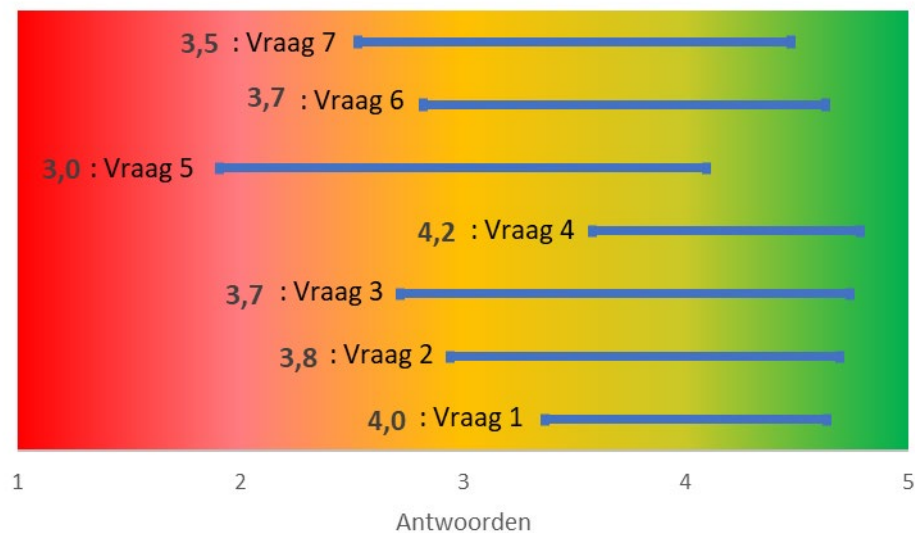
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• <i>Uitkomst project niet concrete (Vraag 1)</i>• <i>Gebruik van Nederlands als taal voor workshops (beperkend voor niet Nederlandstalige medewerkers)</i> | |
|--|--|

Bredere groep bevraging

De bevragingen van een bredere groep van bedrijven gebeurde in twee fase tijdens en na het slotevent van het project op 7 september 2023.

De eerste fase van de bevraging gebeurde tijdens het slotevent. Het slotevent met 34 aanwezige van 18 unieke ondernemingen van zowel de textielsector als van camera visie en kunstmatige intelligentie was een kans om feedback te vragen aan een bredere groep, inbegrepen leden van de begeleidingsgroep. Een bevraging op papier was ter beschikking besteld aan elke deelnemer ter plaatse te invullen. Van alle deelnemers, 11 (bijna een derde) vanuit 10 bedrijven en 1 onderzoekinstelling antwoorde op de bevraging. De gedetailleerde resultaten van de bevraging zijn te vinden in bijlage 4 (pagina **Error! Bookmark not defined.**) en is samengevat op Figuur 1. Naast de schriftelijke feedback was in het algemeen een positieve feedback van besprekingen met bedrijven tijdens de netwerking sessie na de live demonstratie bij het slotevent.

In het algemeen varieert de feedback van bedrijf tot bedrijf aangezien het scala van scores op elke "vraag" van de bevraging die gaat van het gebied met een rotte kleur (2/20) tot een donkere groen (5/5) op Figuur 1. Maar in het algemeen feedback was wel positief met gemiddelde scores tussen 3,0 op 5 en 4,2 op 5. De hoogste score was voor Vraag 4 waar meer dan 4 op de 5 deelnemers geven aan kennis over multi-spectrale camera's en visie systemen, een van de resultaten van dit project. Dat is wel een positieve ontwikkeling vanuit de eerste bevraging van de gebruikersgroep tot deze bevraging bij het slot event na bijna twee jaren. Met de kennis opbouw binnen het project, waren de bedrijven wel begonnen of van plan om de kennis binnen het project te aanpassen in hun bedrijven. Maar ze waren nog niet zo ver daarmee aangezien de laagste score van 3/5 of 60% op Vraag 5. Daardoor waren de bedrijven ook geïnteresseerd om verder te meewerken op een opvolg project als antwoord op Vraag 7 die scoorde 4/5 (of 80%). De interesse van bedrijven om mee te werken in een opvolgproject was ook duidelijk aangezien de hoge interesse (23 deelnemers van 13 unieke bedrijven en 3 onderzoekinstellingen) voor de Webinar over de aankondiging van een opvolg project op 5 december 2022 (zie deelnemerslijst in Bijlage 5 op pagina **Error! Bookmark not defined.**)



- “Vraag” 1: De thematiek van het project is relevant voor mijn onderneming
- “Vraag” 2: Ik ben geïnformeerd over de behaalde resultaten binnen het project
- “Vraag” 3: Ik heb wat (nieuwe) kennis verzameld binnen het project
- “Vraag” 4: Ik ben op de hoogte van mogelijkheden die bestaan betreffende multi-spectrale visiesystemen voor kwaliteitsinspectie
- “Vraag” 5: Ik ben al begonnen of ben van plan de kennis vanuit het project in mijn onderneming te toepassen
- “Vraag” 6: Ik ben tevreden over de ruimte voor interacties binnen het project
- “Vraag” 7: Ik zou bij een eventueel vervolgproject van Inspect4.0 willen meewerken

Figuur 1: Samenvatting van resultaten van de bredere groep bevraging tijdens het slotevent op 7 september 2023. De gedetailleerde antwoorden op de bevraging zijn te vinden in Bijlage 4 (pagina **Error! Bookmark not defined.**).

De tweede fase van de bredere groep bevraging gebeurde door een enquête gestuurd aan alle actieve contacten die worden gemaakt tijdens de loop van het project in een dank email na het slotevent eind oktober 2023. Zoals verwacht van vele online enquêtes, er waren weinig antwoorden in vergelijking met de bevraging tijdens het slotevent. De antwoorden kwamen vanuit 6 bedrijven, waarvan 4 leden van de begeleidingsgroep. De gedetailleerde antwoorden zijn te vinden in Bijlage 6 (pagina **Error! Bookmark not defined.**). Op de vraag “In welke mate werd er tijdens het project nieuwe kennis opgedaan binnen de onderneming die bijdraagt aan de toekomst van de onderneming?” antwoorden de bedrijven dat ze wel dat ze kennis opgebouwd hebben die relevant is voor de toekomst van hun bedrijven met een gemiddelde score van 2,2/4 (of 55%). De bedrijven geven aan wel kennis te hebben opgebouwd over diverse lichtbronnen en meest geschikte camera’s om textiel fouten te detecteren. Maar geven aan wel meer resultaten te hebben verwacht over hyperspectrale camera’s, niet alleen van RGB-camera’s en het gebruik

van kunstmatige intelligentie om textiel te inspecteren. Maar zoals getoond met de bevragingen tijdens het slotevent, de bedrijven waren niet zo ver aan het aanpassen van de kennis in hun bedrijven daardoor is slecht een score van 2/5 (of 40%) op de vraag "In welke mate heeft het project bijgedragen aan de groei/economische positie van de onderneming".

Bereikte impact

Bij de indiening van het project werd een inschatting gemaakt van de potentiële economische impact. Na uitvoering van het project wordt een analyse gevraagd van de bereikte impact in vergelijking met wat vooropgesteld werd in de oorspronkelijke aanvraag:

- *Welke meerwaarde heeft het doorlopen traject gerealiseerd bij de Vlaamse doelgroepondernemingen?*
- *Beschrijf tot welke economisch toegevoegde waarde voor Vlaanderen dit geleid heeft (of zal leiden) (behoud of groei van ondernemingsactiviteiten, tewerkstelling, investeringen, toegevoegde waardecreatie, ...)? Onderbouw dit en beschrijf ook duidelijk binnen welke termijn deze realisaties tot stand zullen komen.*
- *Vermeld de eventuele hindernissen (extern) die de economische impact belemmeren of vertragen (wetgeving, marktomgeving, ...).*
- *Geef aan in welke mate dit project het globale innovatieproces versneld heeft, en of hierdoor de (internationale) competitiviteit van de doelgroepondernemingen verhoogd werd/wordt.*

Gebaseerd op de verschillende aanvaringen van de leden van de gebruikersgroep en bedrijven van de bredere groep van bedrijven, heeft het project bijgedragen aan de opbouw van kennis op gebied van het gebruik van camera visie technologie om textiel fouten te detecteren. Dit kennis is aan het implementeren bij bedrijven van de doelgroep. Maar de meeste bedrijven hebben nog verder kennis nodig voor implementatie van die kennis in hun bedrijven.

In het algemeen was het project een platform om partners vanuit textielsectors in contact te brengen met bedrijven van camera visie technologie en kunstmatige intelligentie. Dank de verschillende events was voldoende ruimte voor interacties en de bevragingen geven aan dat bedrijven hebben contacten voor toekomstige samenwerking gemaakt dank het project. De interesse voor het project was duidelijk met de relatieve grote hoeveelheid van bedrijven (48) en non profit organisaties (6) die deelgenomen hebben aan de verschillende events. In totaal waren er 125 individuele contacten die participeerden aan een of meer van de events binnen het project. Dit is dank de disseminatie van resultaten, niet alleen in vaktijdschriften of wetenschappelijke publicaties maar ook op platformen zoals LinkedIn. Elk event wordt op die platform aangekondigd en ook op de webpagina van het project (<https://www.centexbelpresents.be/en/inspect4-0>) waar de verschillende presentaties tijdens events en resultaten tijdens de loop van het project worden ter beschikking gesteld aan een breder publiek. De links tot deze documenten met mogelijkheid voor raadpleging worden na elk event per email gestuurd samen met enquêtes naar de doelgroepondernemingen.