



RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

PROIECT: Dezvoltarea unui sistem multi-material și multi-defect de detectare și predicție a anomaliilor bazat pe viziune automată, inteligență artificială și IoT (MULTI-AI)

ETAPA 1 – Stabilirea planului general de proiect, definirea cazurilor de utilizare și a cerințelor de ordin tehnic și funcțional

Director Proiect

PETAL S.A.

Ovidiu Constantinescu

Cuprins

1. Activitatea 1.1 Participarea la ședințele de management ale proiectului (corelată cu T1.1, T1.2, T1.3)	4
1.1.1 Participarea la ședințele de management ale proiectului	
Definirea în detaliu a activităților care revin Petal	
Prezentarea situației asupra activităților care revin Petal	
Definirea aventualelor riscuri care revin Petal	
Definirea planului de management al riscului	
2. Activitatea 1.2 Definirea mai multor scenarii pentru a oferi cel mai bun caz de utilizare posibil pentru fiecare domeniu tehnologic (corelată cu T2.2)	5
1.2.1. Definirea scenariilor de utilizare pentru, proiectare, aprovizionare, turnătorie, prelucrări prin așchiere, tratamente termice, montaj	
3. Activitatea 1.3 Definirea domeniului funcțional și a catalogului de cerințe (corelată cu T3.1, T3.2, T3.3)	10
3.1.1 Definirea analizei funcționale a cerințelor pentru detecție, comunicații, IoT, industria 4.0 și tehnologii de procesare AI	
4. Activitatea 1.4.1 Identificarea variabilelor de proces care pot afecta calitatea pieselor și analiza alternativelor de detectare pentru măsurarea variabilelor (corelată cu T3.1)	13
4.1.1 Identificarea variabilelor de proces pentru proiectare, aprovizionare, turnătorie, prelucrări prin așchiere, tratamente termice, montaj.	
Analiza alternativelor de detectare pentru măsurarea variabilelor	
5. Activitatea 1.5 Identificarea, descrierea și înregistrarea caracteristicilor de calitate ale pieselor produse (corelată cu T4.1)	18
5.1.1 Descrierea caracteristicilor de calitate pentru fiecare pas al procesului tehnologic și pentru produsul finit	
Identificarea defectelor la proiectare, aprovizionare, turnătorie, prelucrări prin așchiere, tratamente termice, montaj	
Descrierea în detaliu a defectelor pe fiecare pas tehnologic	
Înregistrarea caracteristicilor de calitate pe fiecare pas al procesului tehnologic și a produsului finit	
6. Activitatea 1.6 Crearea bibliotecii cu imaginile pieselor defecte	18
6.1.1 Catalogarea defectelor pe baza imaginilor. Aceste imagini vor fi listate într-o bibliotecă cu defecte, utilizată pentru validarea WPS.	
7. Activitatea 1.7 Definirea analizei funcționale a defectelor așteptate pentru fiecare material și proiectarea strategiei de caracterizare pentru fiecare defect	19
7.1.1 Toate cunoștințele PETAL și ale altor parteneri industriali, vor fi strânse și transformate în cerințe funcționale pentru a facilita dezvoltarea sistemului.	

Listă figuri

Figura 1. Inel scaun.....	7
Figura 2. Taler supapă.....	8

Abrevieri

AI	Artificial Intelligence
ANN	Artificial Neural Networks
CNN	Convolutional Neural Networks
GDP	Gross Domestic Product
IMM	Întreprinderi micro, mici și mijlocii
IoT	Internet of Things
IT	Information technology
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
O&M	Operation and Management
OCR	Optical Character Recognition
PCB	Printed Circuit Board
TCP	Transmission Control Protocol

1. Activitatea 1.1 Participarea la ședințele de management ale proiectului (corelată cu T1.1, T1.2, T1.3)

În cadrul acestei activități, se agreează între membrii proiectului, planul de proiect împreună cu activitățile care revin fiecăruia, precum și termenul limită a fiecărei activități.

În decursul primei ședințe de proiect, s-a trecut prin toate fazele proiectului și s-au definit toate activitățile partenerilor împreună cu termenele limită astfel încât să ne încadrăm în timpul alocat proiectului. De asemenea în cadrul primei ședințe de proiect, s-au planificat o serie de întâlniri și discuții telefonice între parteneri pentru a eficientiza nivelul de munca de pe toate fazele proiectului.

În aceasta ședință, PETAL a ridicat o serie de riscuri pe care echipa de proiect trebuie să le adreseze înainte de a avansa în proiect, riscuri cum ar fi:

- **Producție în serie mica sau unicat** - PETAL este un IMM specializat în producția de echipamente pentru industriile de petrol, gaze, precum și metalurgica, prin urmare comenzile primite de PETAL de la clienții săi tradiționali (OMWPETROM, Romgaz, etc) sunt de serie mică sau unicat și cu un grad ridicat de complexitate.. Prin urmare PETAL nu are nevoie de o banda de producție așa cum există în dotarea fabricilor mari.
- **Distanța între stațiile de lucru** - neavând o banda de producție, stațiile de lucru pot fi în funcție de încărcarea fabricii, departe unele de celelalte, prin urmare ar trebui mai multe soluții Multi-AI la locul mai multor stații de lucru.
- **Precizie cu toleranță de microni** - piesele produse de PETAL sunt cu grad mare de complexitate, precizia necesitând toleranțe de microni. (Ex roti dințate, arbori antrenare, etc)
- **Senzori** - Inexistența senzorilor în partea de prelucrare prin așchiere, care reprezintă 80% din activitatea fabricii.
- **Utilaje manual** - Unele piese încă se fabrică pe strunguri manuale.
- **Luminozitatea** - Luminozitatea în halele de producție este diferită în funcție de anotimp.

Partenerii din proiect au luat cunoștință de riscurile existente în instalarea soluției la PETAL. Toate aceste riscuri vor fi adresate în planul de management al riscului pe întreg proiectul și vor fi găsite soluții pentru a le depăși.

În decursul celei de a 2-a ședințe de proiect, s-a trecut din nou prin toate fazele proiectului și în principal s-a pus accent pe activitățile care aveau termenul limita foarte aproape de expirare. S-a constatat ca nu sunt activități întârziate și s-a trecut la planificarea următoarelor activități. Fiecare partener și-a prezentat activitățile și restul partenerilor au adresat întrebări.

De asemenea, s-au adus primele soluții la riscurile adresate de către PETAL, soluții care vor fi explicate în capitolele următoare.

În decursul celei de a 3-a ședințe de proiect, s-a trecut din nou prin toate fazele proiectului și în principal s-a pus accent pe activitățile care aveau termenul limită foarte aproape de expirare.

S-au discutat în detaliu cele 2 cazuri de utilizare, Sirris și PETAL, s-a constatat ca nu sunt activități întârziate și s-a trecut la planificarea următoarelor activități. Fiecare partener și-a prezentat activitățile și restul partenerilor au adresat întrebări.

2. Activitatea 1.2 Definirea mai multor scenarii pentru a oferi cel mai bun caz de utilizare posibil pentru fiecare domeniu tehnologic (corelată cu T2.2)

În zilele noastre, companiile au nevoie de sisteme de control versatile care pot fi adaptate la diversitatea producției lor. Aceste probleme sunt în mod clar foarte asemănătoare în alte procese de fabricație, cum ar fi imprimarea 3D sau prelucrarea, se dorește identificarea și dezvoltarea unor soluții care să prezinte zero defecte.

Cazul de utilizare abordat în acest proiect cuprinde producerea și prelucrarea metalelor. În general, având în vedere solicitările referitoare la utilizarea produselor finale, compoziția metalică este specifică pentru fiecare tip de produs. După producerea semifabricatului, pașii următori sunt, tratamentele termice, prelucrarea prin așchiere, asamblarea și testarea. Detectarea defectelor de suprafață metalică pe produsele semifinite înainte de a fi forjate este foarte importantă, deoarece ar putea conduce la evitarea producerii de produse finite care nu trec de testul de calitate. Situația actuală este reprezentată de inspecția vizuală umană (cu o cameră specială) a potențialelor defecte ale suprafeței metalice.

În acest punct au intervenit în discuție primule 2 riscuri adresate de către PETAL și anume cu privire la **inexistența unei benzi de producție** și a **distanței destul de mare** între stațiile de lucru, deci, prin urmare pentru a putea inspecta și detecta eventuale defecte apărute în zona de proiectare, aprovizionare, turnătorie, prelucrări prin așchiere, tratamente termice și montaj, ar însemna să avem cate o soluție Multi- Ai la fiecare stație de lucru, de la proiectare, -aprovizionare, pana la montaj, ceea ce nu ar fi fezabil din punct de vedere economic.

Ca soluție, s-a convenit la nivel de proiect ca soluția Muti AI sa fie instalată în secția de Control a Calității, urmând ca echipa de proiect să vină cu soluții de ordin tehnic pentru a instala senzori la utilajele CNC.

Al 3-lea risc ridicat de către PETAL se referă la precizia cu toleranța de microni pentru fiecare piesă fabricată de către PETAL. Prin urmare camera video folosita ar trebui sa focalizeze la maxim pentru a putea detecta defecte privind abateri de la dimensiune de ordinul micronilor. De asemenea în cazul abaterii de la planeitate și rugozitate, la asemenea toleranțe, camera nu va putea fi capabila să detecteze aceste defecte.

Ca urmare a acestor factori, echipa de proiect a decis ca pentru cazul de utilizare PETAL, soluția Multi AI va detecta doar abateri de la dimensiune pentru piese de maxim 100 mm cu complexitate tehnologică ridicată.

Datorită faptului că în industria grea soluțiile IoT sunt foarte greu de implementat, o soluție care permite inspecția automată a pieselor fabricate în vederea verificării calității reprezintă un instrument puternic pentru accelerarea procesului de control al calității.

În cadrul proiectului se dorește dezvoltarea unui sistem multi-material și multi-defect de detecție și predicție a anomaliilor bazat pe viziune automată, inteligență artificială și IoT (Internet of Things). Astfel, prin intermediul acestui proiect, PETAL țintește către rezolvarea uneia dintre cele mai importante constrângeri și anume, *verificarea calității*.

Cazul de utilizare propus are ca scop atingerea următoarelor obiective:

- Tipuri de piese: piese cu dimensiuni de până la 100mm, cu o complexitate tehnologică ridicată cu toleranțe la precizie de ordinul micronilor.
- Tipuri de defecte: defecte de dimensiune (dimensiuni liniare și dimensiuni circulare: diametre exterioare și interioare, fante, găuri, dinți, etc.).
- Exemple de piese: inele de scaun, angrenaj/înlocuire angrenaj.

PETAL produce piese cu precizie ridicată pentru industria petrolieră, industria gazelor și industria metalurgică. Piese fabricate prezintă în funcție de cerințele clientului complexitate și precizie tehnologică de la medie până la înaltă, cu o multitudine de dimensiuni și măsurători personalizate pentru a asigura calitatea pieselor. Din cauza gradului ridicat de precizie, timpul de inspecție a pieselor este un proces îndelungat și obositor, întrucât se realizează inspecția acestora manual dimensiune cu dimensiune. De exemplu, pentru a efectua și pentru a obține rezultate bune, controlul calității asupra:

- Inel scaun – acesta are o complexitate tehnologică medie, cu precizie ridicată, și presupune inspecția a 18 dimensiuni. Pentru a măsura fiecare dimensiune se acordă un timp de 1-1,5 minute. Astfel, se ajunge la un timp mediu de inspecție pentru verificare calității de 22,5 minute.
- Taler de supapă – aceasta are o complexitate tehnologică ridicată, cu precizie medie, și presupune inspecția a 40 de dimensiuni. Pentru a măsura fiecare dimensiune se alocă un timp de 25-30 de secunde. Astfel, se ajunge la un timp mediu de inspecție pentru verificare calității de 22 de minute.

Figurile de mai jos prezintă caracteristicile pieselor “Inel scaun” (Figura 1) și “Taler supapă” (Figura 2).

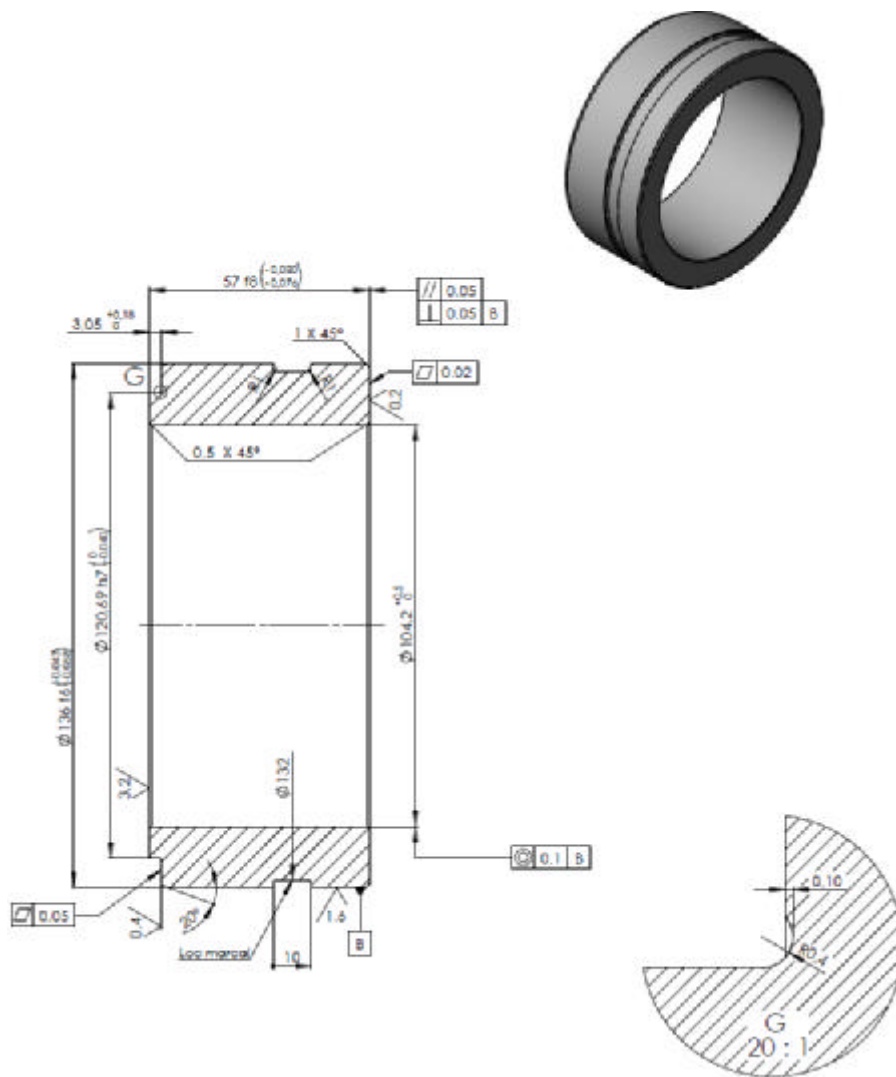


Figura 1. Inel scaun

În concluzie, dezvoltarea unor sisteme de control inteligente bazate pe hardware-ul accesibil este o provocare importantă care răspunde nevoilor IMM-urilor. Pe parte corporativă există dorința de a aduce împreună cantitatea maximă de procesare computațională “ca serviciu” într-o infrastructură IT virtualizată obișnuită, mai degrabă decât să dețină unități de procesare gestionate independent și necentralizat.

3. Activitatea 1.3 Definire a domeniului funcțional și a catalogului de cerințe (corelată cu T2.2)

În cadrul acestei activități vor fi analizate cerințele tehnice și funcționale pentru tehnologiile de detectare, comunicații, IoT, Industrie 4.0 și procesare AI. Se va include de asemenea, și o listă a provocărilor de ordin tehnic identificate.

În discuțiile apărute între membrii proiectului, a reieșit faptul că soluția MULTI-AI are ca scop creșterea calității produselor prin reducerea defectelor de fabricație și reducerea timpilor de inspecție, reducând în același timp deșeurile folosind tehnologii inovative de comunicație. Sistemul automat de detecție a defectelor este economic din punctul de vedere al costului forței de muncă (ce se va reduce) și beneficiarii asociați.

Dezvoltarea unui sistem de inspecție a materialelor complet automatizat necesită algoritmi robuști și eficienți de caracterizare și detectare a defectelor. Inspecția defectelor în diverse materiale, metode de producție și scenarii este deosebit de dificilă din cauza numărului mare de clase de defecte, care se caracterizează prin imprecizia și ambiguitatea lor.

Principalele provocări tehnologice identificate sunt:

- Detecția în timp real a mai multor clase de defecte specifice unui număr mare de materiale

Sistemele de control al calității bazate pe viziune artificială și senzori specifici sunt complet adaptate materialului analizat și sunt focusate pe un singur defect per stația de inspecție. Aceste sisteme depind de context și de problema care trebuie soluționată. Senzorii bazați pe imagine (provenită de la camere de fotografiere), aranjarea acestora și tehnicile utilizate sunt specializați pentru a satisface cerințele utilizatorului final. De aici, s-au identificat două sub-provocări:

- Procesarea unor imagini cu cantități mari de date

O provocare cheie pentru acest domeniu este dimensiunea datelor de intrare, practic nelimitată, fapt ce conduce la necesitatea unor tehnici de detecție în timp real.

- Mix de sisteme de inspecție a suprafeței, morfologiei și aspectului

Acestea sunt aplicații importante pentru viziunea computerizată, deoarece sunt utilizate pentru detecția și clasificarea defectelor în industria de fabricație. Sistemele existente folosesc caracteristici realizate manual, fapt ce necesită cunoștințe avansate în domeniu. Deși rețelele neuronale convoluționale (CNN) s-au dovedit a avea succes în variate provocări la scară largă, sistemele de inspecție industrială și-au realizat potențialul în două provocări semnificative: cerințe privind viteza de procesare în timp real și seturi de date specializate specifice unui anumit domeniu (limitate cel mai adesea la dimensiune, calitate, etichetare).

- Rețele de senzori

Detecția anomaliilor în rețelele de senzori reprezintă o provocare, tehnicile de detecție fiind necesare pentru ca soluția să funcționeze online. Din cauza constrângerilor, tehnicile de detecție a

anomaliilor trebuie să fie simple și ușoare. Colectarea datelor reprezintă o altă provocare, deoarece aceste sunt colectate într-o manieră distribuită. Pentru aceasta este necesară abordarea unei soluții de data mining a datelor. Mai mult, prezența zgomotului face ca detectarea anomaliilor să fie mi anevoioasă, fiind necesară o distincție între anomaliile țintă și valorile de zgomot nedorite sau lipsă.

- Generalități

Soluții specifice sunt luate în considerare, întrucât problematica, abordarea și defectele sunt diverse și trebuie luate în considerare separat.

- Costuri

Soluțiile actuale bazate pe viziune sunt costisitoare, atât din punct de vedere al licențelor, dar și al costurilor materialelor.

- Fiabilitate

Utilizarea de tehnologii emergent, precum placa Jetson de la NVIDIA, însă acestea nu sunt destinate pentru a fi utilizate pe liniile de producție.

- Punere în funcțiune

Punerea în funcțiune a soluției în sectoare dedicate: aeronautic sau farmaceutic. Este de dorit să nu se obțină rezultate fals negative. Soluțiile de inteligență artificială nu sunt deterministe și trebuie încadrate pentru a rămâne valide indiferent de situație.

- Asigurarea versatilității și robusteții soluției

Potrivirea soluției cu strategia IT (Informații & Comunicații) și acceptarea acesteia de către IMM-uri în termeni de implementare și operare.

În cadrul acestei sub-activități sunt prezentate cerințele de ordin tehnic și funcțional identificate pentru cazul de utilizare.

Cerințe tehnice

- Algoritmi de deep learning și inteligență artificială pentru construirea unor modele bazate pe date de producție, permițând avertizarea timpurie a defectelor, fapt ce conduce la reducerea costurilor de întreținerea prin mentenanță predictivă, împreună cu sugestii pentru eliminarea apariției defectelor și eliminarea accidentelor în procesul de producție. Procedurile de mentenanță predictivă optimizate conduc la întreruperi mai puține și mai previzibile în procesul de fabricare, și deci la creșterea productivității.
- Analiza inteligentă a datelor și validarea acestora în timp real, tehnologii pentru simulări de optimizare și eficientizare a producției.
- Reducerea timpului alocat pentru inspecția completă și verificarea calității pieselor în limitele parametrilor conveniți luați ca etalon cu până la 70%.
- Localizarea rapidă a erorilor cu până la 10%.

- Reducerea perioadei de comercializare cu 20-25%.
- Reducerea deșeurilor provenite de la fabricarea și prelucrarea pieselor cu 70-80%.
- Îmbunătățirea siguranței și fiabilității procesului: asigurarea calității sporite în condiții de siguranță.
- Responsivitate: furnizarea unui răspuns rapid în cazul detecției unor anomalii sau defecte.

Unul dintre cele mai importante rezultate ale proiectului este creșterea productivității și aducerea inovației la tehnologie. În plus, este foarte important pentru continuitatea în industrie. Impactul pe piață al acestui proiect va fi reflectat în beneficiile economice, în economisirea de timp și energie, fără a sacrifica calitatea. Tehnologia este necesară pentru a răspunde cerințelor de calitate și performanță prin îmbunătățiri ale produselor și reduceri de costuri. Astfel, cercetarea aplicațiilor legate de reducerea costurilor rezultate este foarte importantă.

Rezultatele acestui proiect vor duce la scăderea costului de fabricație care va crește competitivitatea în industria de fabricație și conduce la îmbunătățirea proceselor de inspecție și control, prin eliminarea erorilor de natură umană în procesul de inspecție etc.

Cerințe non-funcționale

- Uzabilitate

Soluția dezvoltată trebuie să poată fi ușor de folosit și să nu necesite timp îndelungat pentru instrucția inginerilor.

- Performanță

Soluția dezvoltată trebuie să fie eficientă și să permită identificarea rapidă a eventualelor defecte și anomalii.

- Fiabilitate

Se dorește dezvoltarea unei soluții capabilă să funcționeze în condiții stabilite pentru un interval de timp prestabilit.

- Disponibilitate

Soluția va fi disponibilă 24/7 pentru utilizatori, iar perioadele de mentenanță nu vor depăși mai mult de 4-6 ore.

- Mentenanță

Soluția va fi proiectată astfel încât să poată opera pe perioade îndelungate de timp, ușor de îmbunătățit în timp și de susținut (întreținerea cu ușurință în cazul unor defecte minore, majore sau critice și adaptarea rapidă la noi funcționalități).

În cadrul acestei activități s-au analizat cerințele tehnice și funcționale pentru tehnologiile de detectare, comunicații, IoT, Industrie 4.0 și procesare AI. De asemenea, a fost prezentată și o listă a provocărilor de ordin tehnic identificate.

4. Activitatea 1.4 Identificarea variabilelor de proces care pot afecta calitatea pieselor și analiza alternativelor de detectare pentru măsurarea variabilelor (corelată cu T3.1)

Analiza stadiului actual al cunoașterii

Metodele de inspecție a produselor bazate pe viziune artificială au fost investigate pe scară largă pentru a îmbunătăți calitatea produselor și a reduce costurile forței de muncă, de exemplu în detectarea defectelor în plăcile de circuite imprimate (PCB-uri), sticla ecranului telefonului mobil sau cabluri de fier acoperite cu cupru, pentru a numi doar câteva dintre cele mai recente exemple. În domeniul specific de detectare a defectelor în medii industriale, există practic tot atâtea soluții bazate pe viziunea artificială câte tipuri de defecte și materiale, deși toate urmează aceeași abordare, constând în analiza diferitelor tipuri de defecțiuni separat și fiind specifice unui anumit material. În ciuda faptului că aceste sisteme de calitate, atât bazate pe viziune artificială, cât și pe alt tip de tehnologii și senzori, specifici materialului de analizat, pot conduce la soluții de succes, ele depind foarte mult de context și de problema de rezolvat, deoarece senzorii, disponibilitatea lor și tehnicile de utilizat sunt specifice cerințelor utilizatorului final.

În plus, utilizarea algoritmilor de inteligență artificială (IA) (și, în special, a învățării profunde) în detectarea defectelor pe suprafețele plane ale diferitelor materiale (cum ar fi granit sau oțel) s-a dovedit a fi de succes și aduce beneficii față de tehnicile tradiționale, cum ar fi precizia ridicată a inspecției și robustețea. Cu toate acestea, timpul de inferență al modelelor de învățare profundă aplicat analizei imaginilor este adesea costisitor din punct de vedere computațional, ceea ce poate să nu corespundă cerințelor pentru inspecția rapidă, în timp real.

În ceea ce privește soluțiile comerciale existente în prezent pe piață, există mai multe companii care realizează tehnici standard de recunoaștere a defectelor bazate pe preprocesarea imaginii și traducerea în date numerice precum înălțimea, lățimea etc. În cele mai multe cazuri, acestea sunt soluții ad-hoc dezvoltate pentru să îndeplinească cerințele specifice ale nevoilor care trebuie abordate. De exemplu, cele mai relevante companii specializate în sisteme bazate pe viziune artificială pentru industrie sunt enumerate mai jos:

- Infaimon (<https://www.infaimon.com>), o companie STEMMER IMAGING, este un furnizor spaniol de tehnologie de viziune generală care are un departament de inovare pentru dezvoltarea și adaptarea sistemelor cu scop specific. Au experiență în implementarea sistemelor în industria pietrei.
- Bcnvision (<https://www.bcnvision.es/industrias>) este o companie care lucrează la proiectarea, configurarea și întreținerea sistemelor de viziune computerizată și robotice pentru sectorul industrial, a căror abordare este dezvoltarea de aplicații personalizate de viziune computerizată.
- Scyfer (<http://scyfer.nl/>) a dezvoltat un sistem pentru detectarea defectelor pe suprafețele de oțel. Principala limitare a acestei soluții este că este specifică unui singur material.

- ISEND (<http://www.isend.es/en>) a aplicat tehnici de inteligență artificială pentru detectarea defectelor în sârmă și bară laminată la cald, adică este o soluție specifică pentru detectarea defectelor pe suprafețele din oțel.

În ceea ce privește predicția anomaliilor bazată pe inteligență artificială, disponibilitatea actuală a unor cantități mari de date provenite de la senzorii care monitorizează funcționarea activelor valoroase face posibilă identificarea corectă a evoluției lor temporale de-a lungul duratei lor de viață. Cu aceste cunoștințe, acum este posibil să avem estimări mai bune pentru operarea și întreținerea lor (O&M). Diagnosticarea corectă și detectarea timpurie a defecțiunilor incipiente pe baza estimării precise a stării mașinii poate avea ca rezultat multiple beneficii: întreținere rapidă neprogramată, timp scurt de oprire a mașinii în cauza, optimizarea întreținerii (sincronizarea mai multor înlocuiri, efectuarea întreținerii atunci când nu este nevoie de service), etc. Din acest motiv, monitorizarea stării care duce la diagnosticarea și predicția defecțiunilor a devenit recent de importanță pentru majoritatea sectoarelor industriale. Subiectul a atras cercetătorii în ultimii ani datorită influenței sale mari asupra continuității funcționale a multor procese industriale. Sistemele de învățare statistică, rețelele neuronale artificiale (ANN), sistemele fuzzy și adaptive fuzzy și sistemele expert sunt candidați buni pentru automatizarea procedurilor de diagnosticare.

Analiza pieței

Controlul calității este un domeniu destul de mare în care oamenii sunt foarte prezenți. Acest lucru ar putea duce la unele probleme, cum ar fi încărcarea mentală sau supracalitatea, de exemplu. Automatizarea acestui control va permite stabilizarea calității producției și reorientarea oamenilor către zonele în care sunt foarte eficienți, cum ar fi interpretarea cazurilor neclare.

În acest context, piața este extinsă:

- În marile companii, calitatea este nucleul producției lor. De exemplu, în domeniul aeronautic și farmaceutic, doi din trei oameni sunt dedicați controlului calității:
- **Exemplu din industria aviatică** - Detectarea defectelor la lamele amplificatorului. Există în jur de 400 de lame mici în amplificatorul unui avion, care trebuie controlate pentru marcarea lor (OCR), prezența zgârieturilor, lovituri, geometrie, lipsă de material. Doar odată ce amplificatorul este complet asamblat, poate fi detectată o problemă din cauza echilibrării greșite sau a lipsei de performanță funcțională
- **Exemplu din industria farmaceutică** - Calitatea marcajelor de pe flacoanele farmaceutice. Pe flacoane este imprimat un marcaj temporar pentru a garanta trasabilitatea acestora în timpul procesului de producție. Un caracter tipărit prost (care ar putea fi citit corect sau nu, în funcție de configurația OCR) ar putea afecta trasabilitatea.

Este nevoie de automatizare pentru a susține aceste procese, evitând variabila umană, permițând mai multe controale la mai multe stadii de producție.

Aceste companii caută o soluție fiabilă și flexibilă la un preț accesibil.

- În IMM-uri, controalele de calitate sunt prost organizate sau sunt minimizate. Două exemple sunt descrise mai jos:
 - Detectarea sticlei sparte pe vase ramekin. Vasele ramekin sunt umplute cu desert și apoi sigilate. În timpul producției, aceste vase se pot atinge între ele și din cauza variațiilor mari de temperatură se poate produce sticlă spartă.
 - La sfârșitul procesului de producție, sistemele de imprimare 3D sunt verificate înainte de a fi ambalate.

Primul caz de utilizare, realizat împreună cu Sirris care va fi abordat în cadrul acestui proiect este procesul de injecție a plasticului. Într-adevăr, marea majoritate a IMM-urilor belgiene active în turnarea prin injecție produc multe piese diferite din diverse materiale plastice. Este uzual ca aceste companii să utilizeze peste 200 de instrumente diferite în fiecare an. Pentru aceste producții trebuie controlate mai multe criterii: dimensiunea microcanalelor pe cipurile fluidice, prezența contaminării pe piesele medicale, defecte vizuale pe părțile exterioare. Din acest motiv, companiile au nevoie de sisteme de control versatile care să poată fi adaptate la diversitatea producției lor. Aceste probleme sunt în mod clar identice cu cele întâlnite în alte procese de producție, cum ar fi imprimarea 3D sau prelucrarea mecanică, unde nivelul de zero defect este necesar pentru majoritatea sectoarelor. Sirris are în dotare o bandă de producție și o mulțime de senzori care trimit date despre temperatura formei, temperatura plasticului etc, unei baze de date. De asemenea în cazul de utilizare Sirris, nu este nevoie de toleranță la precizie de microni, ci este vorba de defecte vizibile cu ochiul liber. Prin urmare este destul de accesibil tehnologic pentru a implementa soluția Multi AI.

În ceea ce privește cazul de utilizare PETAL abordat în acest proiect cuprinde producția și prelucrarea metalelor în serie mică sau unicat, de mare complexitate tehnologică. Acest aspect, împreună cu faptul că PETAL nu are nevoie și nu are în exploatare o bandă de producție, ci în principal este vorba despre activitatea mai multor operatori care operează mai multe utilaje pentru a obține un product finit.

Defecte de dimensiune pot să apară de asemenea și în procesul de aprovizionare, turnătorie, tratamente termice și montaj. Deoarece piesele alese pentru cazul de utilizare sunt realizate numai prin prelucrare prin așchiere din prefabricate debitate la aceeași dimensiune de către parteneri externi, nu mai este necesar să definim și variabilele de proces care pot afecta calitatea în procesul de aprovizionare, turnătorie, tratamente termice și montaj.

În cazul pieselor alese pentru cazul de utilizare se folosește numai secția de prelucrări prin așchiere, secție care este dotată atât cu utilaje CNC precum și cu utilaje manuale, precum strunguri manuale, utilaje care nu sunt dotate cu senzori care să detecteze uzura plăcuței detașabile a cuțitului, sau uzura lagărelor utilajului. Aceste anomalii care pot interveni în funcționarea corectă a utilajului, pot cauza defecte de dimensiune care să iasă din toleranța de microni, prin urmare acea piesă ar fi rebut, în ciuda faptului că defectele nu se pot observa cu ochiul liber.

Prin urmare am definit variabilele de proces care pot afecta calitatea celor 2 piese incluse în cazul de utilizare, astfel:

Variabilă		Acțiune
Eroare de debitare		Dacă folosim semifabricate tăiate la o anumită dimensiune, tehnicianul măsoară fiecare semifabricat separat înainte de a fi introdus în procesul tehnologic.
Eroare de programare a strungului CNC		Tehnicianul verifică prima parte a lotului pentru a detecta posibile erori de programare ale strungului CNC. Dacă apar defecte de dimensiune, tehnicianul va reprograma strungul CNC și va repeta operațiunea. Dacă piesa obținută este corectă, tehnicianul pornește programul automat pentru a realiza comanda.
Uzură a plăcuței detașabile a cuțitului		Chiar dacă programarea inițială a fost făcută corect, prin prelucrare, plăcuța detașabilă a cuțitului se uzează. Prin urmare, tehnicianul trebuie să verifice din când în când piesele pentru erori și, în cazul în care apar, să facă corecții până la schimbarea plăcuței amovibile a cuțitului/frezei.
Uzura rulmenților strungului automat care trebuie compensată manual		Dacă semifabricatul este tăiat corect, programarea inițială a fost făcută corect și plăcuța detașabilă a cuțitului tocmai a fost înlocuită și tot apar erori, atunci înseamnă că lagărele mașinii unealtă nu mai sunt în parametri. Tehnicianul poate face ajustări minime, dar dacă uzura este prea mare, atunci strungul CNC este supus unor reparații majore.
Eroare umană în cazul strungurilor manuale		În cazul strungurilor manuale (clasice fără programare CNC), tehnicianul are dimensiunile piesei din desenul tehnic și materia primă sub forma de semifabricat. În timpul prelucrării, tehnicianul trebuie să măsoare continuu piesele care sunt prelucrate, să verifice cu dimensiunile piesei din desenul tehnic și să proceseze până când aceasta ajunge la dimensiunile și forma cerută.

În cadrul acestei activități s-a realizat o analiză a stadiului actual al cunoașterii pentru tehnologiile de detectare, comunicații, IoT, Industrie 4.0 și procesare AI, precum și studierea procesului PETAL, deoarece majoritatea IMM-urilor din industria de producție a utilajelor industrial, nu posedă linii de producție și nici senzori pe utilaje.

5. Activitatea 1.5 Identificarea, descrierea și înregistrarea caracteristicilor de calitate ale pieselor produse (corelată cu T4.1)

În cadrul acestei activități se vor descrie caracteristicile de calitate pentru fiecare pas al procesului tehnologic, precum și pentru produsul finit.

Deoarece piesele alese în cazul de utilizare sunt fabricate numai în secția de prelucrări mecanice prin așchiere și defectele liniare care pot să apară pot fi și de ordinul micronilor, se vor descrie caracteristicile de calitate numai pentru produsul finit. Aceasta decizie este corelată și cu decizia de a instala soluția Multi AI în zona de control al calității.

PETAL produce piese cu precizie ridicată pentru industria petrolieră, industria gazelor și industria metalurgică. Piesele fabricate prezintă în funcție de cerințele clientului complexitate și precizie tehnologică de la medie până la înaltă, cu o multitudine de dimensiuni și măsurători personalizate pentru a asigura calitatea pieselor. Din cauza gradului ridicat de precizie, timpul de inspectare a pieselor este un proces îndelungat și obositor, întrucât se realizează inspecția acestora manual dimensiune cu dimensiune. De exemplu, pentru a efectua și pentru a obține rezultate bune, controlul calității asupra:

- Inel scaun – acesta are o complexitate tehnologică medie, cu precizie ridicată, și presupune inspectarea a 18 dimensiuni. Pentru a măsura fiecare dimensiune se acordă un timp de 1-1,5 minute. Astfel, se ajunge la un timp mediu de inspecție pentru verificare calității de 22,5 minute. Toate detaliile tehnice de calitate sunt în fig. Inel Scaun și au fost înaintate către echipa de proiect pentru a le include în baza de date inițial.
- Taler de supapă – aceasta are o complexitate tehnologică ridicată, cu precizie medie, și presupune inspectarea a 40 de dimensiuni. Pentru a măsura fiecare dimensiune se alocă un timp de 25-30 de secunde. Astfel, se ajunge la un timp mediu de inspecție pentru verificare calității de 22 de minute. Toate detaliile tehnice de calitate sunt în fig. Taler de supapa și au fost înaintate către echipa de proiect pentru a le include în baza de date inițial.

În concluzie, PETAL a livrat către echipa de proiect toate caracteristicile de calitate ale celor 2 piese introduse în cazul de activitate PETAL.

6. Activitatea 1.6 Crearea bibliotecii cu imaginile pieselor defecte (corelată cu T4.3)

Obiectivul acestei activități este crearea unei biblioteci cu defectele de dimensiune ale celor 2 piese introduse în cazul de utilizare.

Această activitate din proiect este total impactată de riscul ridicat de către PETAL cu privire la toleranța la precizie de microni în ceea ce privește piesele fabricate. Prin urmare, deoarece defectele de dimensiune nu sunt vizibile cu ochiul liber, nu se poate crea biblioteca cu imaginile pieselor defecte cu ajutorul tehnologiei deținute de către PETAL la acest moment de timp.

Am convenit în cadrul proiectului ca PETAL să fabrice 8 piese dintre care 2 cu defecte de dimensiune a celor 2 piese introduse în cazul de activitate PETAL și să le trimită colegilor de la Tecnalìa pentru ca ei să le poată fotografia cu camera care va face parte din soluția Multi AI. Datele din fotografiile introduse vor fi în baza de date inițială a soluției Multi AI. În săptămâna 3 din luna Decembrie, PETAL va livra piesele defecte către Tecnalìa.

În concluzie, PETAL a livrat către echipa de proiect câte 2 piese cu defecte de dimensiune pentru cele 2 piese introduse în cazul de activitate PETAL, date care vor fi introduse în baza de date inițială și în librăria de defecte.

7. Definirea analizei funcționale a defectelor așteptate pentru fiecare material și proiectarea strategiei de caracterizare pentru fiecare defect (corelată cu T4.3)

Obiectivul acestei activități este de a strânge toate cunoștințele PETAL și ale partenerilor cu privire la cele 2 piese introduse în cazul de activitate și transformate în cerințe funcționale pentru a facilita dezvoltarea soluției Multi AI.

Această activitate a început în luna 12-a anului 2021 și are data de finalizare în luna 5-a anului 2022.

Deja am convenit cu echipa de proiect să avem video întâlniri începând cu luna 1 a anului 2022 pentru a găsi soluții tehnologice la amplasarea de senzori pe utilajele CNC pentru a putea culege date în timp real. Prin analiza de către Soluția Multi AI a acestor date ne dorim să putem detecta exact momentul în care plăcuța detașabilă a cuțitului se uzează sau momentul în care lagărele utilajului CNC încep să iasă din parametri.

În concluzie, PETAL a livrat către echipa de proiect informațiile necesare pentru a putea demara activitățile de găsim a soluției tehnice pentru instalarea de senzori pe utilajele CNC.

8. Referințe

- [1] European Commission. A stronger European industry for growth and economic recovery industrial policy communication update. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (2012)
<http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0582&from=EN>
- [2] European Commission. For a European Industrial Renaissance. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (2014)
<http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0014&from=EN>
- [3] European Commission. New industrial policy strategy (2017)
https://ec.europa.eu/commission/news/newindustrialpolicystrategy2017sep18_en
- [4] Geissbauer, R., Vedsø, J. & Schrauf, S. A strategist's guide to industry 4.0. strategy+business (accessed 12 March 2020)
<https://www.strategybusiness.com/article/AStrategistsGuidetoIndustry4.0?gko=a2260>