

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

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

ETAPA 2 – Integrare, validare, diseminare și orientare spre piață

Director Proiect

Petal SA

Ovidiu Constantinescu

Listă figuri

Figura 1. Vedere a folderului unde este stocată aplicația.....	17
Figura 2. Vedere generală a interfeței grafice de utilizator	18
Figura 3. Referințe utilizate pentru dezvoltarea instrumentelor de măsurare și a interfeței grafice.....	19
Figura 4. Fereastră de creare a referințelor.....	19
Figura 5. Fereastră de creare a vizualizării.....	20
Figura 6. Zona ferestrei principale pentru configurarea și crearea instrumentelor de inspecție.....	21
Figura 7. Crearea unei noi zone de inspecție.....	22
Figura 8. Fereastra de configurare a parametrilor sistemului.....	23
Figura 9. Procente pe poziția de detectare a marginii în raport cu colțul din stânga sus al dreptunghiului.....	25
Figura 10. Exemplu de setare a poziției unui detector de margine.....	26
Figura 11. Fereastra de parametri a tipului de inspecție Căutare Cerc (Circle Finder).....	27
Figura 12. Ieșire instrument Căutare Cerc.....	28
Figura 13. Fereastra de parametri a tipului de inspecție de la margine la margine.....	29
Figura 14. Rezultat inspecție de la margine la margine.....	30
Figura 15. Fereastra de parametri a tipului de inspecție Calcularea Unghiului (Angle Meter).....	31
Figura 16. Ieșire instrument de măsurare a unghiului.....	32
Figura 17. Fereastra de parametri a tipului de inspecție Calcularea Pasului (Step Meter).....	33
Figura 18. Ieșire instrument de măsurare a pasului.....	34
Figura 19. Fereastra de parametri a tipului de inspecție de la margine la cerc.....	35
Figure 20. Ieșire instrument de măsurare de la Margine la Cerc.....	36
Figura 21. Imagini ale erorii de procesare (sus) și avertismentul de revizuire a parametrilor (jos).....	37
Figura 22. Zona butoanelor de testare a instrumentelor.....	38
Figura 23. Soluția Multi AI.....	8
Manual de Utilizare Multi AI.....	14

1. Activitatea 1.1 Participarea la ședințele de management ale proiectului

Această activitate este continuarea activității 1.1 din etapa precedentă, deoarece ședințele de proiect continua până la încheierea proiectului

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 celei de-a **4 ședințe de proiect**, s-a trecut prin toate fazele pentru un update la toate taskurile. După ce s-a trecut prin fiecare task din fiecare WP, a fost confirmat faptul ca toți partenerii sunt cu taskurile la zi.

S-a propus deasemenea, ca următoarea ședință de proiect să fie “față în față”. Locația aleasă a fost Huși, deoarece membrii proiectului ar fi vrut sa viziteze fabrica și capacitățile de producție. Petal a fost de acord și s-a angajat să ajute la organizare și anume la rezervarea camerelor de hotel, precum și a mijloacelor de deplasare. Cazarea ar trebui să fie la Iași, deoarece în Huși nu sunt destule locuri de cazare. Petal va primi de la parteneri numărul de participanți și va face rezervările.

Iván Lozano (Tecnalia) a explicat starea WP5 (care a început oficial în M12) pentru cazul de utilizare Petal:

- 8 piese au fost trimise de Petal (4 piese de inel si 4 piese de supapă, 1 piesă din fiecare referinta este ok iar celelalte 3 au diverse defecte de dimensiuni diferite).
- au fost testate două strategii de inspecție diferite:
 - cameră 2D + tehnici de iluminare.
 - camere 3D.
- următorii pași de făcut sunt:
 - se va finaliza achiziția de imagini cu ambele strategii.
 - se vor analiza avantajele și dezavantajele fiecărei strategii de inspecție (rezoluția imaginii, contrastul, durata ciclului...).
 - se va alege cel mai potrivit sistem/configurație pentru a extrage dimensiunile din piese.
 - se va începe dezvoltarea de algoritmi de viziune artificială și interfață de utilizare.

- Thierry Coulter de la Sirris a întrebat care va fi rezultatul acestui WP și Iván a răspuns că vor fi imagini și avertismente atunci când se detectează defecte de măsură.

În decursul celei de a **5-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-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.

În ceea ce privește deplasarea echipei de proiect la Huși, între cele 2 ședințe, Petal și Izertis au stat în continuă comunicare pentru a găsi soluții de cazare pentru toți membrii de proiect, în număr de 28. Problema cazării a apărut în contextual războiului din Ucraina și a valului mare de refugiați Ucrainieni, care sunt cazați în hotelurile din Iași, Vaslui, Bârlad. Prin urmare, s-a convenit și s-a informat echipa de proiect că până la urma, ședința de proiect se va ține online.

În ceea ce privește Petal, Iván Lozano (Tecnalia) a explicat starea WP5 pentru cazul de utilizare Petal:

- au fost testate diferite dispozitive 2D și 3D pentru a selecta cea mai potrivită vizualizare/format de imagine în funcție de piesele primite de la Petal și de măsurătorile care trebuie făcute.
- ca urmare, a fost selectată o cameră 2D și au fost dezvoltate algoritmi de viziune artificială (găsește cerc, măsurare margine la margine, contor de unghi, contor de pas și distanță margine la cerc).
- a fost dezvoltată și o interfață grafică cu utilizatorul, care include generarea de vizualizări diferite din ambele referințe, desenarea ROI (regiunea de interes) pentru efectuarea inspecției și configurarea parametrilor sculei.
- Petal a întrebat despre costul achiziționării camerei 2D și a licențelor, astfel încât să poată decide dacă instalează acest sistem în linia lor de producție sau nu. De asemenea, Petal evidențiază importanța sistemului de a fi scalabil la alte piese cu dimensiuni similare, altfel nu le va fi util.
- deasemenea Petal a cerut și un Manual de Utilizare pentru a putea face instructajul personalului care va utiliza soluția Multi AI.
- următorii pași de făcut sunt:
 - asigurarea costurilor camerei 2D și licențelor (Tecnalia)
 - verificarea fezabilității adaptării sistemului la alte părți și măsuri (Tecnalia)

- o primă versiune a D5.1 este disponibilă pe Google Drive pentru a fi revizuită și completată de restul partenerilor.
- M5.1 a fost atins.

În decursul celei de a **6-a ședințe de proiect**, Raquel García (Izertis) a salutat toți participanții și a explicat pe scurt scopul întâlnirii și ordinea de zi.

Raquel a explicat pe scurt starea actuală a WP1, inclusiv:

- perioada de timp a proiectului, reperele și rezultatele preconizate pentru M19 (octombrie 2022).
- activități desfășurate în cadrul T1.1, T1.2 și T1.3.
- starea D1.1 (M6 și M12), D1.2 și D1.3 (disponibilă în folderul MULTI-AI de pe Google Drive) și M1.1 (OK) și M1.2 (M6 și M12 OK).
- toți „pașii următori” identificați în cadrul celei de-a 5-a întâlniri de proiect, desfășurate pe 14 Iunie 2022, au fost finalizați.
- au fost indicați pașii următori pentru lunile următoare, aceștia fiind incluși în secțiunea „puncte de acțiune” a acestui document.
- următoarea întâlnire a proiectului va avea loc online până la sfârșitul lunii Ianuarie 2023. O altă întâlnire online va avea loc în Martie 2023, iar cea finală va fi găzduită de Sirris la facilitățile lor în Iunie 2023, la care vor fi invitate toate agențiile de finanțare.
- WP2 nu este discutat, deoarece s-a terminat deja și D1.1 și D1.2 sunt disponibile pe Google Drive.

În ceea ce privește Petal, Iván Lozano (Tecnalia) a explicat starea WP5 pentru cazul de utilizare Petal:

- algoritmi de măsurători și interfața grafică cu utilizatorul sunt finalizate. Sistemul va fi scalabil la alte piese cu dimensiuni similare.
- costurile camerei 2D și licențele au fost furnizate către Petal.
- după mai multe întâlniri între Izertis și restul consorțiului, s-a convenit ca Beia să se ocupe de designul sistemului de detectare a defectelor de la Petal pe baza cerințelor furnizate de Tecnalia. Aceasta include proiectarea și construirea unei structuri în care vor fi atașate elementele de măsurare/iluminare și un sistem de prindere pentru a menține piesele întotdeauna în aceeași poziție. Cornelia Alexandru (Beia) i-a cerut lui Iván să ofere informații suplimentare despre cerințele privind distanța dintre camere, piesele de măsurat și lumini.

Petal a confirmat primirea costurilor pentru camera 2D plus accesoriile și a confirmat că a lansat deja comanda pentru achiziționarea echipamentelor.

Petal a confirmat deasemenea primirea Manualului de Utilizare. Manualul de Utilizare va fi tradus și dacă sunt neclarități, le vom adresa celor de la Tecnalìa.

Deasemenea, Petal și Beia au agreat să se întâlnească online în zilele ce urmează pentru a defini sistemul de prindere pentru soluția Multi AI.

Concluzii activitate

Această activitate a descris felul în care Petal a participat la ședințele de proiect, unde a oferit explicații detaliate la toate întrebările primite pentru a asigura dezvoltarea soluției Multi AI în buget, precum și în intervalul de timp planificat inițial în planul de proiect.

2. Activitatea 2.1 Instalarea „sistemului de predicție a anomaliilor bazat pe AI” și a modulelor de detectare a defectelor pe bază de viziune automată pe liniile de producție

În cadrul acestei activități se va prezenta modalitatea de transfer a sistemului la locul testării, instalarea sistemului Multi AI, configurarea tuturor utilajelor pentru a asigura un serviciu robust, precum și instruirea personalului care va opera sistemul.

Proiectul Multi AI are o întârziere de 6 luni, datorată ieșirii unui membru al consorțiului chiar la începutul proiectului, în Ianuarie 2021. Membrul consorțiului care a optat să iasă din proiect era chiar compania care trebuia să ofere soluția de AI, deci era vitală înlocuirea cu o altă companie de profil AI. A durat 6 luni până a fost găsită compania Phoenix AI, deci munca la proiect a început practic 6 luni mai târziu, adică Iunie 2021.

La aceasta ora Petal a comandat toate echipamentele necesare instalării sistemului Multi AI, a tradus manualul de utilizare și a pregătit locul unde se va instala sistemul.

Echipamentele vor sosi în jurul datei de 28 Decembrie și în Ianuarie 2023 începem instalarea soluției bazată pe AI.

Manualul de utilizare va fi inclus la finalul acestui document ca Anexa.

Pregătirea zonei unde se va instala soluția Multi AI

Odată ajunse echipamentele, tehnicienii Petal vor efectua următoarele:

- recepția echipamentelor sistemului Multi AI
- pregătirea zonei de Control al Calității pentru instalarea sistemului Multi AI

Instalarea soluției Multi AI

În această fază, se trece la instalarea fizică, punerea în funcțiune, calibrarea sistemului Multi AI, precum și instruirea personalului, astfel:

- instalarea soluției Multi AI în zona de Control al Calității
- calibrarea soluției Multi AI după specificațiile oferite de către Tecnia
- instruirea personalului care va opera sistemul Multi AI după Manualul de Utilizare
- conceperea a testelor pentru testarea tehnicienilor care vor opera sistemul Multi AI
- testarea teoretică a personalului care va opera sistemul Multi AI

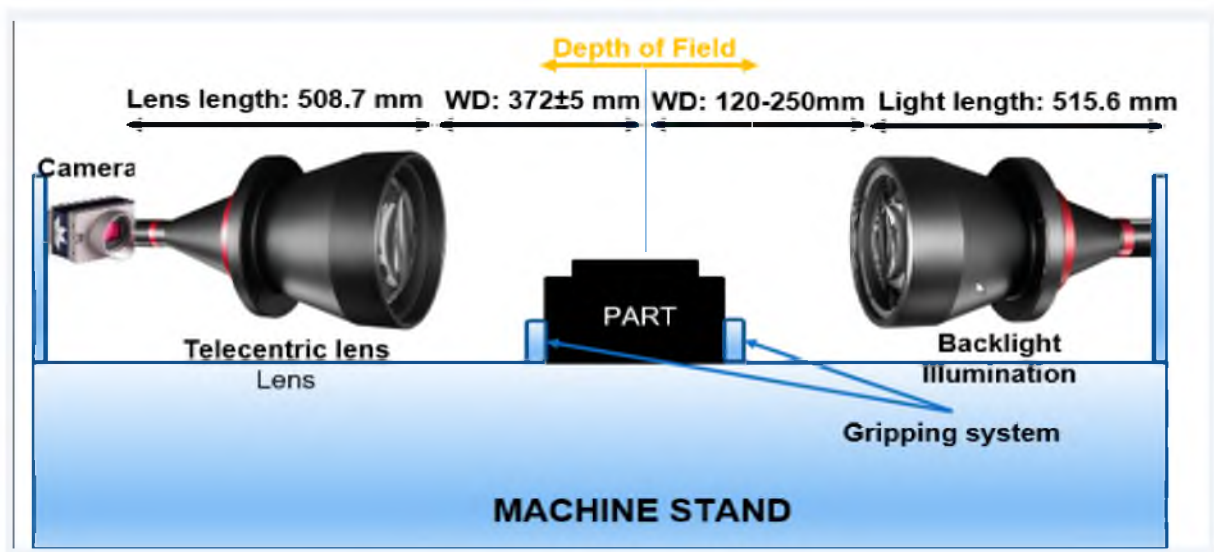


Figura 23. Sistemul Multi AI

Concluzii activitate

Această activitate a descris recepția, pregătirea zonei unde se va instala sistemul Multi AI, precum și instalarea acestuia în zona de Control al Calității.

Deasemenea, am descris faptul că tehnicienii Petal care vor opera sistemul Multi AI, vor primi instruire de operare a sistemului, precum și că vor fi și testați teoretic cu privire la operarea sistemului Multi AI.

3. Activitatea 2.2 Testare supravegheată pe o perioadă scurtă

În cadrul acestei activități, se trece la, testarea, calibrarea, recalibrarea și testarea finală a soluției Multi AI, astfel:

- se va asigura un lot de piese care au trecut prin Controlul Calitatății prin metoda clasică și se va încarca în baza de date a sistemului Multi AI informații despre piesele trecute de Controlul Calității, ca puncte de referință
- se vor masura piesele prin metoda Multi AI
- se vor compara rezultatele măsurătorilor prin metoda clasică cu rezultatele măsurătorilor prin metoda Multi AI
- se va stabili în cadrul proiectului o serie de sesiuni video cu Tecnia pentru a discuta rezultatul comparației măsurătorilor obținute prin metoda clasică vs metoda Multi AI și imediat după obținerea rezultatelor comparației dintre cele 2 metode vom avea prima sesiune video cu Tecnia
- în cadrul primei sesiuni video, vom analiza rezultatele prin metoda clasică vs metoda Multi AI și în funcție de rezultate, vom stabili corecții și adaptări ale sistemului Multi AI
- se va asigura un nou lot de piese de alte tipuri dimensiuni care au trecut prin Controlul Calității prin metoda clasică și se va încarca în baza de date a sistemului Multi AI un nou set de informații despre piesele trecute de Controlul Calității, ca noi puncte de referință
- se vor măsura piesele din noul lot prin metoda Multi AI
- se vor compara din nou rezultatele măsurătorilor prin metoda clasică cu rezultatele măsurătorilor prin metoda Multi AI pentru noul lot de piese cu alte tipuri dimensiuni
- după obținerea rezultatelor, vom avea a 2-a sesiune de analiză a rezultatelor obținute prin metoda clasică vs metoda Multi AI și în funcție de rezultate, vom stabili corecții și adaptări finale ale sistemului Multi AI
- dacă sistemul Multi AI încă necesită corecții și adaptări, se va continua testarea cu un nou lot de piese de alte tipuri dimensiuni și se reia procesul
- dacă sistemul nu mai necesită corecții și adaptări, sistemul Multi AI intră în fluxul de producție

Concluzii Activitate

Această activitate a descris testarea, măsurarea, compararea, validarea și calibrarea măsurătorilor prin metoda clasică vs metoda Multi AI.

Petal nu poate introduce în fluxul de producție un echipament de control al calității care nu produce aceleași rezultate ca metoda clasică, indiferent de timpul care se salvează, de aceea procesul de calibrare este atât de minuțios tratat.

4. Activitatea 2.3 Testare nesupravegheată o perioadă mai lungă

În cadrul acestei activități ar trebui să prezentăm modalitatea de testare nesupravegheată pe o perioadă mai lungă, dar deoarece Petal - prin caracteristicile sale de producție și anume, producție de echipamente de mare precizie în serie mica sau unicat - nu dispune de o linie de producție automatizată, ceea ce face ca sistemul Multi AI să fie folosit în fluxul de producție numai cu aportul tehnicianului CTC.

Piesa va fi transportată fizic între secțiile și stațiile de lucru din fluxul de producție, se transportă fizic la zona de Control al Calității, unde operatorul CTC, va instala piesa în sistemul Multi AI, va calibra sistemul pentru acea piesă și va porni controlul calității.

Concluzii Activitate

Această activitate a descris faptul că sistemul Multi AI este fezabil de a fi folosit pentru orice IMM fără linie automată de producție, deoarece sistemul poate fi folosit și împreună cu factorul uman, mult mai repede comparat cu metoda clasică de Control al Calității, rezultând o creștere semnificativă a productivității muncii la Secția Controlul Calității.

5. Activitatea 2.4 Analiza pieței, definirea modelului de afaceri și a planului de vânzări

Obiectivele activității

În cadrul acestei activități se vor prezenta potențialele rezultate exploatabile ale proiectului MULTI-AI, precum și strategia de exploatare a pieței în vederea promovării rezultatelor proiectului.

Această activitate este efectuată împreună cu Beia ca suport pentru partea cu SME cu profil mecanic de înaltă precizie, Beia fiind leader pe această activitate.

Analiza pieței

Calitatea este una din principalele caracteristici care deosebește un produs față de altele, precum și unul din principalele atribute pentru alegerea unui brand în defavoarea altuia.

Controlul calității este “**poarta**” prin care ies numai produsele care întrunesc toate caracteristicile de calitate și unde se opresc produsele care dintr-un motiv sau altul au deviații față de caracteristicile de calitate.

Controlul calității este scump, deoarece necesita oameni foarte bine pregătiți, echipamente specializate și timp pentru a efectua toate măsurătorile în vederea asigurării unei cât mai bune calități.

Controlul calității este un domeniu în care oamenii sunt foarte prezenți. Acest lucru ar putea duce la unele probleme, cum ar fi încărcarea mentală sau suprasolicitarea, 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 cadrul proiectului au fost alese 2 studii de caz astfel:

- să fie din industrii diferite
- să folosească procese tehnologice diferite

Cele 2 studii de caz sunt total diferite, astfel:

- Sirris, este o companie care este specializată în injecția plasticului, cu o bandă de producție complet automatizată de serie mare și cu defecte vizibile cu ochiul liber
- Petal, este o companie specializată în producerea de echipamente de înaltă precizie, echipamente serie mică sau unicat care nu necesită o bandă de producție complet automatizată și cu defecte microscopice, care nu sunt vizibile cu ochiul liber.

Primul caz de utilizare care va fi abordat în cadrul acestui proiect este procesul de injecție a plasticului. Într-adevăr, marea majoritate a IMM-urilor Valone 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 micro canalelor 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.

Al doilea caz de utilizare abordat în acest proiect cuprinde producția și prelucrarea metalelor. În general, având în vedere solicitările privind utilizarea produselor finite, compoziția metalică este foarte specifică pentru fiecare tip de produs. După producerea metalului, următorii pași sunt turnarea, tratamentele termice, acoperirea metalului, prelucrarea

mecanică, asamblarea și testarea. Detectarea defectelor de suprafață metalică a semifabricatelor înainte de a fi forjate este foarte importantă deoarece ar putea evita producerea de produse finale care nu trec testul de calitate. Situația actuală este reprezentată de inspecția vizuală umană (cu o cameră specială) a potențialelor defecte ale suprafeței metalice.

În cazul studiului de caz Petal, compania noastră produce piese de înaltă precizie pentru industria petrolului, gazelor și metalurgiei, de la complexitate și precizie tehnologică medie până la înaltă, cu o mulțime de dimensiuni de măsurat pentru calitate înainte de a lansa piesa clienților noștri. Datorită preciziei înalte cerute de la clienți, timpul de a inspecta manual dimensiunea cu dimensiunea este un proces lung și obositor.

De exemplu, pentru a efectua pe deplin controlul calității asupra:

- inel scaun. care are o complexitate tehnologică medie cu precizie ridicată, trebuie să inspectăm 18 dimensiuni/cote. Pentru a măsura fiecare dimensiune, avem nevoie de 1 min – 1,5 min. Timpul mediu de inspecție pentru verificarea calității este de 22,5 minute;
- placa de supapă, care este o complexitate tehnologică ridicată cu mediu, trebuie să inspectăm 40 de dimensiuni. Pentru a măsura fiecare dimensiune, avem nevoie de 25 – 30 de secunde. Timpul mediu de inspecție pentru un control al calității este de 20 de minute.
- Cu ajutorul Multi AI, estimăm că timpul necesar , precum și timpul salvat pentru aceleași operațiuni va fi ca în tabelul de mai jos:

Metodă	Piesă	Nr. dimensiuni de măsurat	Timp alocat per dimensiune/secunde	Timp total alocat per piesă/secunde	Timp mediu total alocat per piesă/minute	Timp salvat per piesă/minute
Clasic	Inel scaun	18	90	1,620	22.50	
	Supapă	40	30	1200	20	
Multi AI	Inel scaun	18	0	0	6	16.50
	Supapă	40	0	0	5	15

După cum se observă, timpul care se salvează pe fiecare operațiune este de ordinul minutelor și reprezintă aprox. 70% din timpul total alocat operațiunii de control al calității pentru piesele propuse de Petal în proiect.

Este un câștig deosebit pentru un IMM cu profil mecanic, fără linie automată de producție, deoarece în timpul care se salvează, folosind Multi AI, operatorul poate efectua alte operațiuni de control al calității pe alte piese, deci o mai bună productivitate a muncii.

Modelul de afaceri și planul de vânzări va fi centrat pe timpul care se poate câștiga din implementarea Multi AI, deasemenea pe creșterea eficienței operatorului de control al calitatții și se vor dezvolta împreună cu Beia după testarea soluției Multi AI.

Pe scurt, dezvoltarea sistemelor de control inteligente bazate pe hardware la prețuri accesibile este o provocare importantă care răspunde nevoilor IMM-urilor și există disponibilitatea din partea corporativă de a aduce o cantitate maximă de procesare computațională „ca serviciu” într-o infrastructură IT virtualizată comună, mai degrabă decât să aibă unități de procesare independente, administrate centralizat.

Concluzii activitate

În cadrul acestei activități s-au prezentat potențialele rezultate exploatabile ale proiectului MULTI-AI, implementat la un IMM cu profil mecanic specializat în producerea de echipamente de înaltă precizie, echipamente serie mică sau unicate care nu necesită o bandă de producție complet automatizată și cu defecte microscopice, care nu sunt vizibile cu ochiul liber.

ALGORITMI DE MĂSURARE ȘI INTERFAȚĂ GRAFICĂ DE UTILIZATOR MANUAL DE UTILIZARE **MULTI-AI**

Cuprins:

1. INSTALAREA.....	17
1.1 PRECONDIȚII.....	17

1.2 CERINȚE DE UTILIZARE A APLICAȚIEI.....	17
2. UTILIZAREA INTERFEȚEI GRAFICE DE UTILIZATOR.....	18
2.1 BAZA DE DATE.....	19
2.2 REFERINȚE.....	19
2.3 VIZUALIZĂRI.....	21
2.4 INSTRUMENTE DE INSPECȚIE.....	22

1. INSTALAREA

1.1 PRECONDIȚII

Instalarea interfeței grafice pentru utilizarea instrumentelor de măsurare în piesele prelucrate este pregătită pentru a fi utilizată în sistemul de operare Windows 10.

Aplicația este dezvoltată și compilată cu Microsoft Visual Studio 2017 pentru .NET Framework VERSIUNEA 4.6.1. Pentru ca această aplicație să fie utilizată pe un alt computer, versiunea

framework instalată pe ea trebuie să fie compatibilă cu această versiune. Executabilul NDP461-KB3102436-x86-x64-ALIOS-ENU.exe, atașat în folderul \0.- INSTALARE, va instala .NET Framework 4.6.1. în PC în cazul în care nu îl aveți încă instalat, permițând compatibilitatea de utilizare a aplicației.

Aplicația de utilizare a instrumentelor software pentru măsurarea pieselor prelucrate funcționează cu bibliotecile de procesare Mvtec Halcon, utilizate pe scară largă în mediile industriale. Prin urmare, este necesară ca pas anterior, instalarea acestor biblioteci pe PC-ul unde va funcționa aplicația finală. Pentru a face acest lucru, este necesar să rulați fișierul halcon-20.11.3.0-windows-runtime.exe, aflat în interiorul folderului \0.- INSTALARE. Va fi necesar să aveți permisiuni de administrator pentru instalarea acestuia. În timpul instalării se poate instala licența de operare, fără de care funcționalitățile bibliotecii nu ar fi operaționale. De asemenea, este necesar să instalați accesdatabaseengine_X64.exe, care conține bibliotecile de acces la baza de date pe care le va folosi aplicația. De asemenea, se află în folderul \0.- INSTALARE.

1.2 CERINȚE DE UTILIZARE A APLICATIEI

Aplicația de interfață grafică pentru utilizarea instrumentelor software de măsurare este conținută în executabilul Multiai.exe, care se află inițial în subfolderul \1.- CODE\VISUAL STUDIO\Multi-ai\Multiai\deploy\Release.

În același folder, pe de o parte, se află biblioteca de linkuri dinamice Halcon (halcondotnet.dll). În plus, folderul conține subfoldere necesare pentru ca aplicația să funcționeze, cum ar fi folderul \REFERENCE, care poate fi folosit pentru a stoca referințele încărcate în program, \VIEW, care conține imaginile de vizualizare atunci când nu există vizualizări asociate referinței și folderul \INSPECTION, care conține reprezentările instrumentelor. baza de date Access (DBMultiAI.accdb) se află la un folder mai sus, în folderul \deploy. Toate configurațiile de inspecție vor fi stocate în această bază de date, inclusiv referințele, vizualizările, inspecțiile și parametrii acestora.

INSPECTION	27/10/2022 13:14	Carpeta de archivos	
REFERENCE	27/10/2022 17:21	Carpeta de archivos	
VIEW	27/10/2022 13:14	Carpeta de archivos	
halcondotnet.dll	03/07/2021 9:38	Extensi3n de la ap...	1.490 KB
halcondotnet.xml	02/07/2021 19:10	Documento XML	4.516 KB
Multi-ai.exe	27/10/2022 17:18	Aplicaci3n	102 KB
Multi-ai.exe.config	14/02/2022 11:18	XML Configuratio...	1 KB
Multi-ai.pdb	27/10/2022 17:18	Program Debug D...	162 KB

Figura 1.- Vedere a folderului unde este stocata aplicația

2. UTILIZAREA INTERFEȚEI GRAFICE DE UTILIZATOR

Aplicația de configurare și utilizare a instrumentelor software pentru măsurarea nivelurilor și dimensiunilor pieselor prelucrate, prezintă o interfață grafică în care utilizatorul poate accesa diferite opțiuni.

Pe de o parte, permite generarea de noi referințe, adică piese noi care necesită noi prevederi pentru extragerea măsurătorilor. Numărul de referințe este nelimitat, deși există opțiunea de eliminare a referințelor care nu mai sunt în uz sau au încetat să mai fie fabricate.

Aplicația vă permite, de asemenea, să definiți câte vizualizări doriți pentru fiecare referință. O vedere este definită ca o imagine care oferă o anumită perspectivă a unei piese, permițând măsurarea și verificarea anumitor dimensiuni. Ca și în cazul referințelor, numărul de vizualizări care pot fi create nu este limitat, deși este recomandabil să se ștergă sau să se ștergă acele vederi pentru care nu sunt stabilite inspecții de interes.

În final, odată ce referința și vizualizarea alocate unei piese au fost definite, este posibilă aplicarea instrumentelor software de măsurare dezvoltate în sfera proiectului. După cum va fi explicat în secțiunile următoare, aplicația oferă posibilitatea de a configura până la 5 tipuri diferite de măsurare. Numărul de inspecții de executat în cadrul aceleiași vederi nu este limitat, deși este recomandabil să se elimine acele inspecții care nu sunt utilizate sau nu prezintă interes.

La fel, interfața oferă și alte opțiuni de afișare, precum imaginea referinței în uz, posibilitatea aplicării uneia dintre inspecțiile configurate la alte imagini, sau opțiunea de minimizare și ieșire din aplicație. Următoarea figură prezintă o vedere a vederii principale a aplicației.

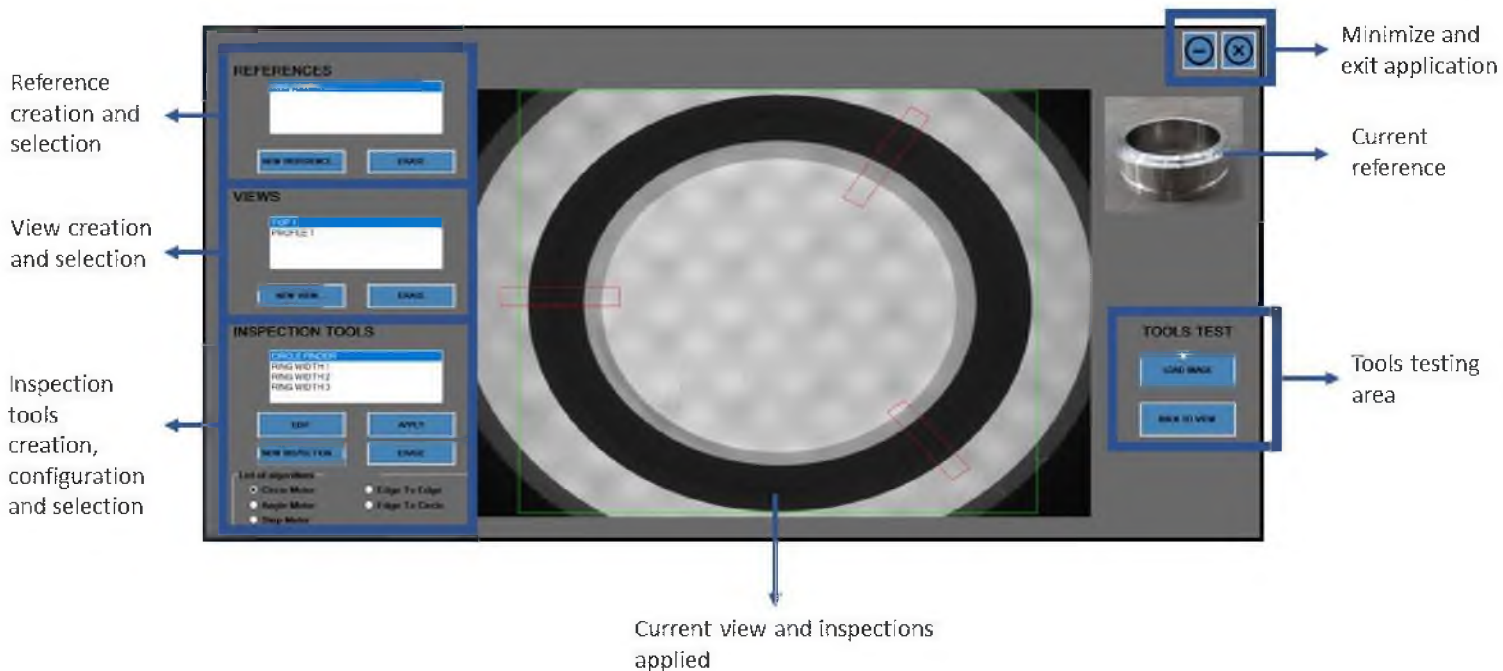


Figura 2.- Vedere generala a interfetei grafice de utilizator

2.1 BAZA DE DATE

Baza de date care funcționează cu programul permite salvarea și stocarea informațiilor relevante pentru funcționarea acestuia, cum ar fi fiecare dintre referințele, vederile și inspecțiile create și parametrizate în cadrul aplicației. Prin urmare, locația sa trebuie setată pe aceeași cale ca și aplicația și nu trebuie mutată în altă locație, altfel programul nu va putea accesa informațiile și va genera un mesaj de eroare de acces la baza de date.

2.2 REFERINȚE

Referințele se referă la fiecare dintre tipurile de piese care urmează să fie inspectate independent. Pentru dezvoltarea acestui proiect, Petal a furnizat Tecnaliei două tipuri diferite de referințe, pe care le vom numi inel și supapă, prezentate în Raportul Științific și Tehnic pentru anul 1 al proiectului. Datorită caracteristicilor geometrice, fiecare dintre ele trebuie configurat cu vederi sau perspective diferite din care să aplice diferitele instrumente de inspecție pentru a determina dimensiunile lor **(vezi Figura 3)**



Figura 3.- Referințe utilizate pentru dezvoltarea instrumentelor de măsurare și a interfeței grafice.
Inel (left) and Supapă (right).

Pentru a crea o nouă referință, faceți clic pe butonul ADD REFERENCE. Se va deschide o fereastră nouă în care trebuie să definim numele noii referințe, precum și calea în care se află imaginea care va fi folosită în fereastra principală pentru a-și vizualiza în general aspectul. Ambele câmpuri sunt necesare pentru a genera noua referință.

The image shows a dark-themed dialog box with two main input fields. The first field is labeled "Name of the new reference" and contains the text "VALVE PART". The second field is labeled "Reference image path" and contains a file path: "C:\Users\109027\Documents\PROYECTOS\MULT_AI-095743\PRG\...". To the right of the second field is a blue button labeled "Select...". At the bottom of the dialog box are two blue buttons: "ACCEPT" on the left and "CANCEL" on the right.

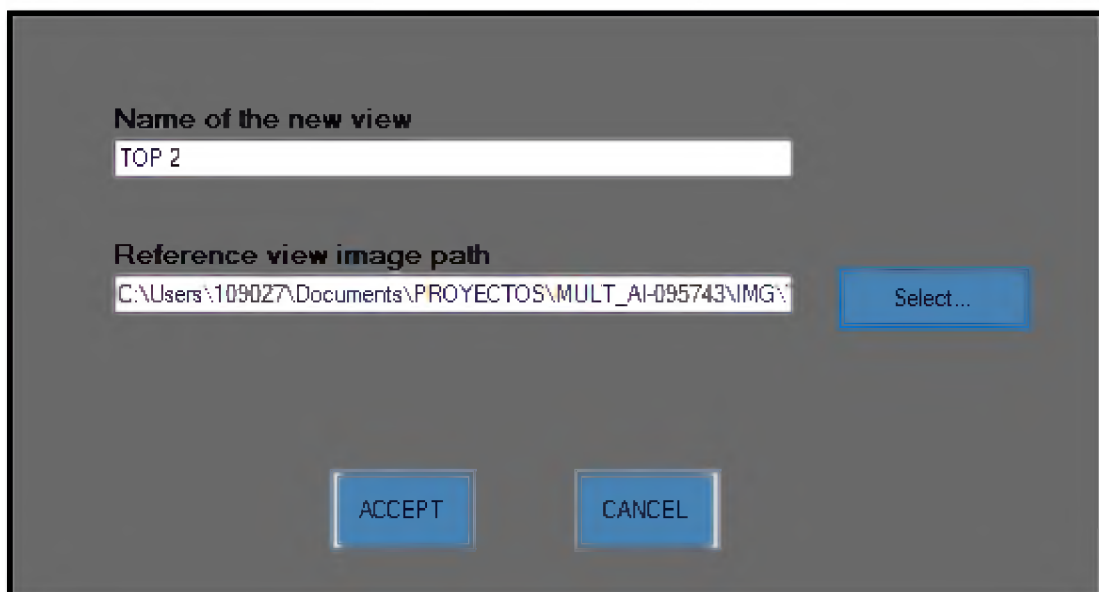
Figura 4.- O nouă fereastră de creare a referințelor.

De asemenea, o referință poate fi ștersă apăsând butonul ȘTERGERE REFERINȚĂ. ATENȚIE: în cazul ștergerii unei referințe, toate vederile și inspecțiile asociate acesteia vor fi șterse, deci este necesar să vă asigurați înainte de a trece la eliminarea acesteia că această referință nu va mai fi folosită.

2.3 VIZUALIZĂRI

Vizualizările sunt imagini ale referințelor luate din diferite puncte de vedere sau perspective. Din anumite unghiuri de vizualizare putem măsura diferite dimensiuni care ne interesează, precum înălțimea piesei sau distanța dintre două margini ale acesteia. În funcție de complexitatea piesei și de măsurătorile de analizat pe aceeași piesă, va fi necesar să se încorporeze cât mai multe vederi necesare pentru a finaliza întreaga inspecție a referinței.

Pentru a crea o vizualizare nouă, faceți clic pe butonul ADAUGĂ VIZUALIZARE. Se va deschide o nouă fereastră în care trebuie să definim numele noii vizualizări, precum și calea în care apare imaginea care va fi folosită în fereastra principală pentru a configura diferite instrumente de inspecție. Ambele câmpuri sunt necesare pentru a genera noua vizualizare. De asemenea, o vizualizare poate fi ștersă apăsând butonul ERASE VIEW. ATENȚIE: în cazul ștergerii unei vizualizări, toate inspecțiile asociate acesteia vor fi șterse, așa că este necesar să vă asigurați înainte de a trece la eliminarea acesteia că această vizualizare nu va mai fi utilizată.



The image shows a dialog box with a dark gray background. It has two text input fields. The first is labeled "Name of the new view" and contains the text "TOP 2". The second is labeled "Reference view image path" and contains the file path "C:\Users\109027\Documents\PROYECTOS\MULT_AI-095743\IMG\". To the right of the second field is a blue button labeled "Select...". At the bottom of the dialog are two blue buttons: "ACCEPT" on the left and "CANCEL" on the right.

Figura 5.- O nouă fereastră de creare a vizualizării.

2.4 INSTRUMENTE DE INSPECȚIE

Fiecare dintre diferitele instrumente de măsurare care au fost dezvoltate sunt explicate în această secțiune. Au fost definite un total de 5 inspecții de măsurare care permit acoperirea unei game largi de niveluri și dimensiuni ale oricărui tip de piesă prelucrată.

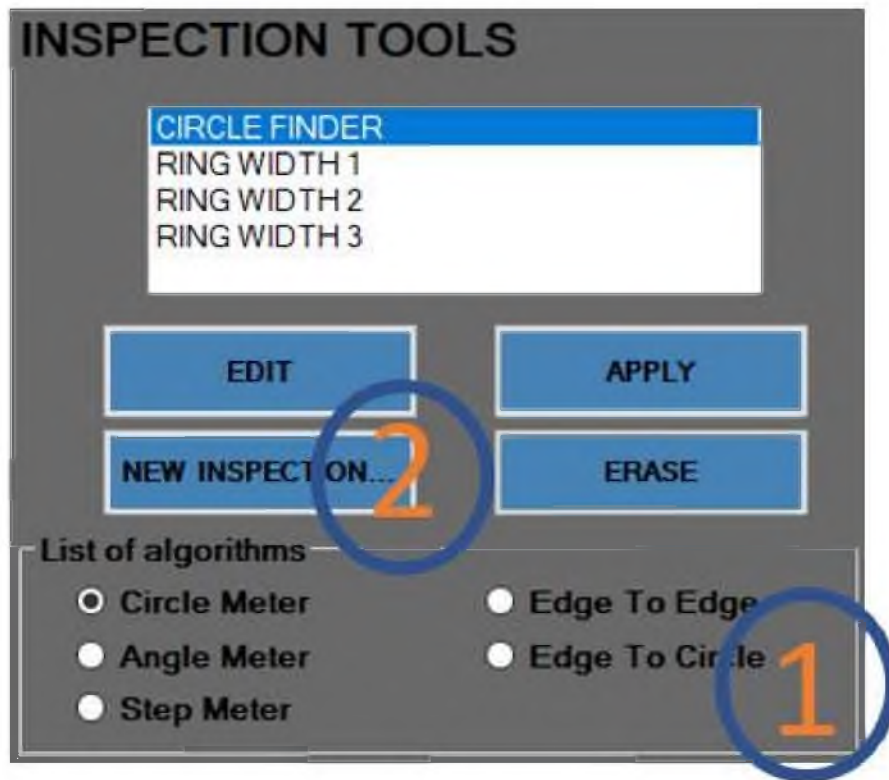


Figura 6.- Zona ferestrei principale pentru configurarea și crearea instrumentelor de inspecție. Pentru a genera o zonă de inspecție, trebuie mai întâi să selectați algoritmul de utilizat (1) și apoi să apăsați butonul New Inspection (2).

Pentru a genera o nouă inspecție, mai întâi trebuie selectat un algoritm din lista disponibilă în fereastra principală. Ulterior, trebuie apăsat butonul NOUĂ INSPECȚIE... (vezi **Figura 6**).

Ori de câte ori este creată o nouă inspecție, zona în care dorim să o aplicăm trebuie să fie desenată pe imagine. În funcție de tipul de inspecție pe care dorim să o efectuăm, este permisă trasarea unui dreptunghi drept (paralel cu marginile imaginii) sau cu posibilitatea de a-i schimba orientarea. În acest caz, orientarea poate fi schimbată de la săgeata introdusă în dreptunghi (marcată cu un cerc portocaliu în figura de mai jos). Orientarea finală a dreptunghiului trebuie luată în considerare la configurarea detectării parametrilor

instrumentului.

Odată ce zona este fixată în poziția dorită, trebuie apăsat butonul din dreapta al mouse-ului pentru a merge la fereastra de configurare a instrumentului selectat.

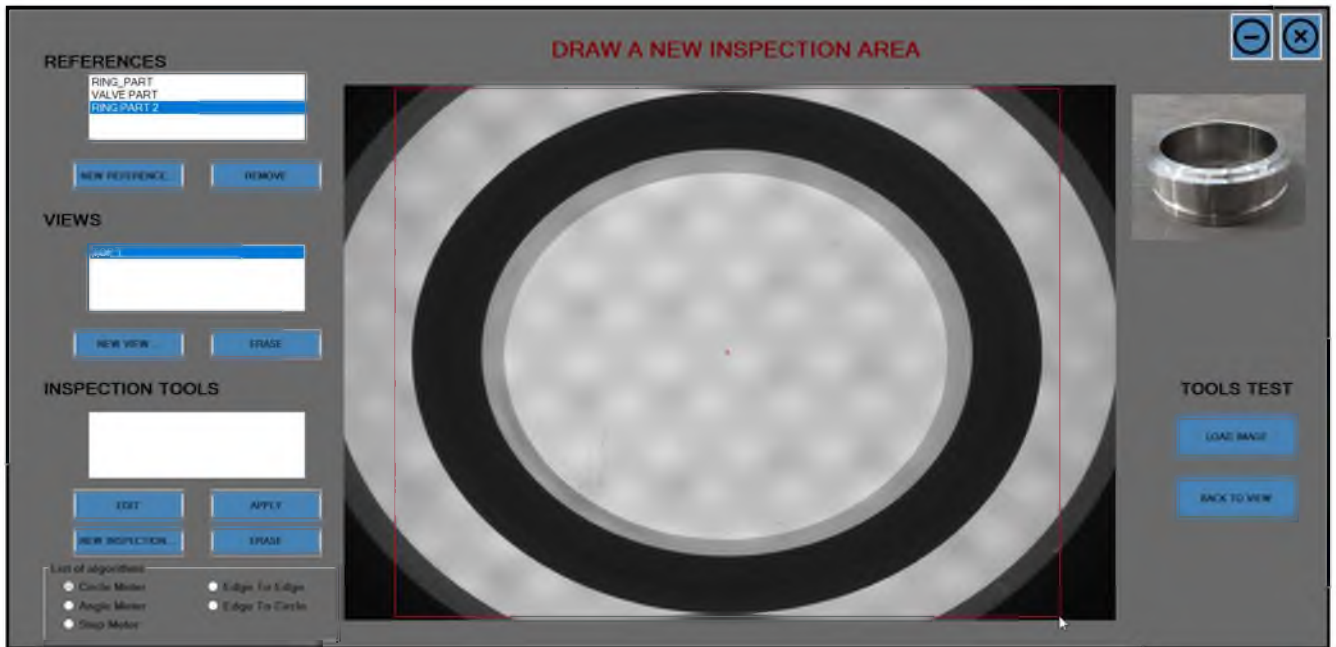


Figura 7.- Desenați un dreptunghi drept (imaginea de sus) și un dreptunghi cu un unghi (imaginea de jos).

2.4.1 PARAMETERI DE CONFIGURARE A INSTRUMENTULUI

Odată ce zona de inspecție a fost desenată, va fi afișată fereastra de configurare a parametrilor instrumentului. În funcție de tipul de inspecție selectat, anumiți parametri vor fi activați pentru a determina măsurarea efectivă și locația elementelor în zonă (vezi **Figura 8**). Parametrii sunt după cum urmează:

INSPECTION TOOL NAME	
MIDDLE STEP 1	
-IMAGE PARAMETERS-	
Image resolution (mm/pixel)	0.06782980
-CIRCLE DETECTION PARAMETERS-	
Minimum threshold	0
Maximum threshold	0
Circularity	0.00
-EDGE DETECTION PARAMETERS-	
Minimum edge amplitude (pixel)	300
Sigma	2.0
ROI Width (pixel)	10
Transition	Light to Dark
-EDGE 1 SEARCH LOCATION-	
Central Position (%)	25
Length (%)	30
-EDGE 2 SEARCH LOCATION-	
Central Position (%)	75
Length (%)	30

Figura 8.- Fereastra de configurare a parametrilor sistemului.

Nume instrument de inspecție: numele instrumentului de inspecție de efectuat. Este necesar să introduceți cel puțin 1 caracter pentru a putea crea inspecția.

PARAMETERI DE IMAGINE

Rezoluția imaginii (mm/pixel): rezoluția imaginii este detaliul pe care îl deține imaginea. Acest parametru se referă la rezoluția spațială, care reprezintă aria pe care o acoperă un pixel. Cu cât această valoare este mai mică, cu atât imaginea va fi mai clară.

PARAMETERI DE DETECȚIE A CERCULUI

Pragul minim: acest prag simbolizează valoarea minimă care trebuie luată în considerare la segmentarea cercului din partea de jos a acestuia. În versiunea actuală a algoritmilor acest parametru nu este utilizat, dar a fost lăsat deschis pentru modificări viitoare ale algoritmului.

Pragul maxim: acest prag simbolizează valoarea maximă a nivelului de gri pentru a lua în considerare segmentarea cercului fundalului său.

Circularitate: acest parametru permite acceptarea obiectelor a căror rotunjime se apropie de cea a unui cerc perfect (**valoare: 1**). Dacă îi reducem valoarea, acesta va putea accepta mai multe obiecte pentru a fi măsurate de instrument. valoarea minima: 0; valoarea maxima: 1.

PARAMETERI DE DETECȚIE A MARGINII

Lățimea minimă a marginii (pixel): Lățimea minimă a marginii determină diferența de niveluri de gri pe care trebuie să o aibă o margine pentru a fi considerată ca atare. Adaptați acest parametru astfel încât să fie selectate doar marginile dorite. Rețineți că valorile foarte mici ar trebui folosite numai cu imagini de înaltă calitate, altfel marginile false pot fi cauzate de zgomot.

Sigma: Netezirea este utilă pentru a reduce zgomotul și, prin urmare, pentru detectarea marginilor false. Vă rugăm să rețineți, totuși, că netezirea distorsionează profilurile marginilor, adică marginile sunt detectate în poziții ușor greșite și precizia scade.

ROI Width (pixel): Cu ROI Width puteți specifica câți pixeli alături, adică perpendiculari, pe linia sau arcul de măsurare sunt utilizați pentru a detecta marginile. O valoare mai mare ajută la reducerea zgomotului; totuși, dacă marginile în sine nu sunt perpendiculare pe linia sau arcul de măsură, trebuie să alegeți o valoare mai mică, altfel marginea își va „pierde puterea”. Regula generală aici este să alegeți ROI-ul întotdeauna perpendicular și cât mai larg posibil. Acest lucru va duce atât la o precizie ridicată, cât și la o acuratețe. Dacă modificarea lățimii ROI duce la o lungime de margine care este incomodă pentru afișaj, de exemplu, deoarece este foarte scurtă sau foarte lungă, puteți alege o altă lungime pentru afișaj în loc de lățimea ROI din Parametrii de afișare.

Tranziție: indică ce tranziție a nivelurilor de gri vom face pentru a detecta marginea în cauză, care poate fi, de la lumină la întuneric sau de la întuneric la lumină. Pentru aceasta, trebuie să fim clari în ce direcție va fi efectuată detectarea marginilor. Acest lucru este explicat în următorul grup de parametri.

MARGINEA X CĂUTARE LOCATIE

Pentru a configura poziția în care este detectată o muchie, este necesar să știți care va fi poziția de referință față de cea de poziționat. În acest caz, este definit de colțul din stânga sus al dreptunghiului, având în vedere că săgeata de orientare a acestuia se află în centrul părții inferioare. Figura următoare prezintă o vedere schematică a dreptunghiului.

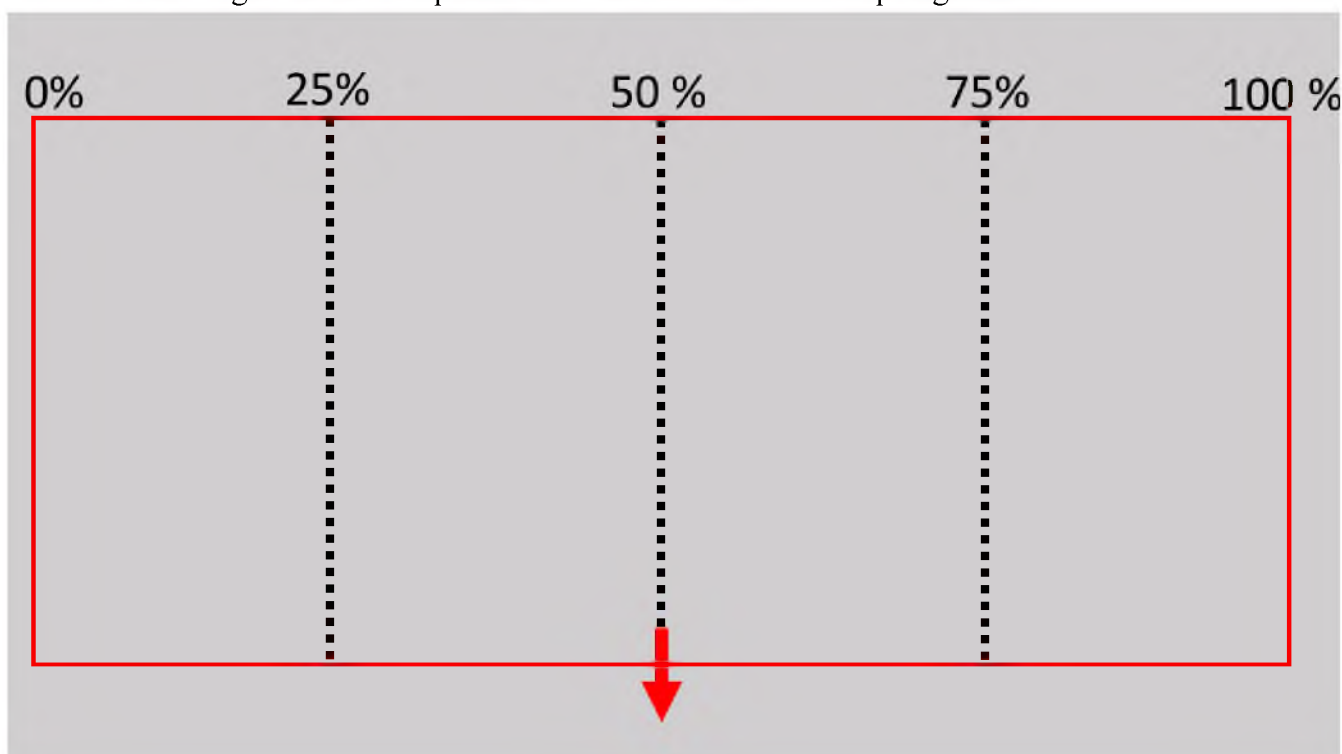


Figura 9.- Procente pe poziția de detectare a muchiei în raport cu colțul din stânga sus al dreptunghiului.

Poziție centrală (%): poziție din care va fi afișată detectarea marginilor din stânga și din dreapta. Valoarea sa nu poate fi mai mică de 0 sau mai mare de 100%.

Lungime (%): acest parametru determină lungimea de la poziția centrală în care vor fi afișate liniile perpendiculare pe marginea de detectat. Cu cât această valoare este mai mare, cu atât punctele care leagă muchia detectată vor fi mai îndepărtate.

În continuare, arătăm un exemplu de detecție a marginilor cu poziția centrală = 75% și lungimea

= 30%, lăsând astfel punctele de detectare în poziții de 60% și 90% din lățimea totală a dreptunghiului față de colțul său din stânga sus.

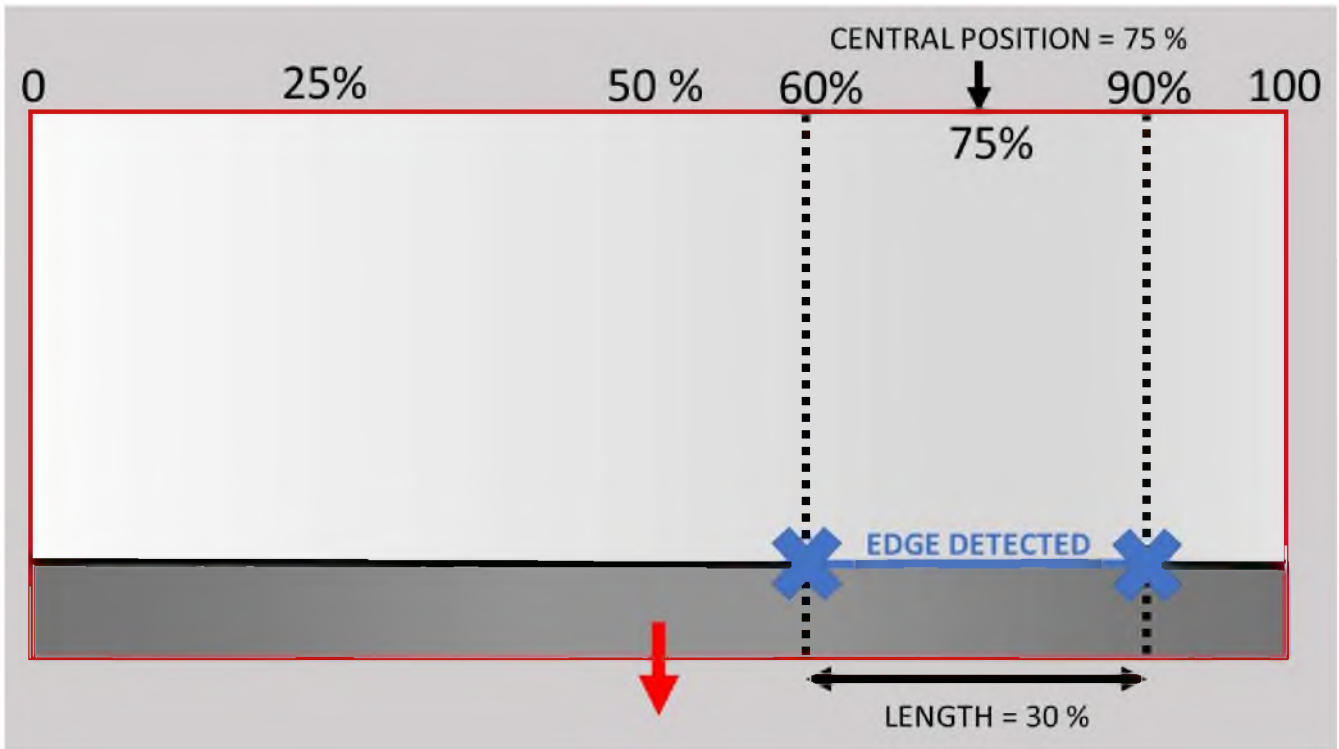


Figura 10.- Exemplu de setare a poziției unui detector de margine.

2.4.2 INSTRUMENT DE INSPECȚIE: GASIREA CERCULUI

Acest algoritm caută cercuri în interiorul unui desen ROI (regiune de interes) pentru a obține diametrul corespunzător. Intern, algoritmul funcționează prin segmentarea zonei de inspecție pe baza parametrului de prag maxim. Apoi verificăm dacă a fost detectată vreo regiune și o selectăm pe baza circularității sale. Această regiune rezultată este măsurată și se obține diametrul ei.

Următoarea figură prezintă parametri de configurare ai instrumentului odată ce zona de căutare a fost poziționată, care va avea grupul de parametri de detectare a imaginii și a cercului activat.

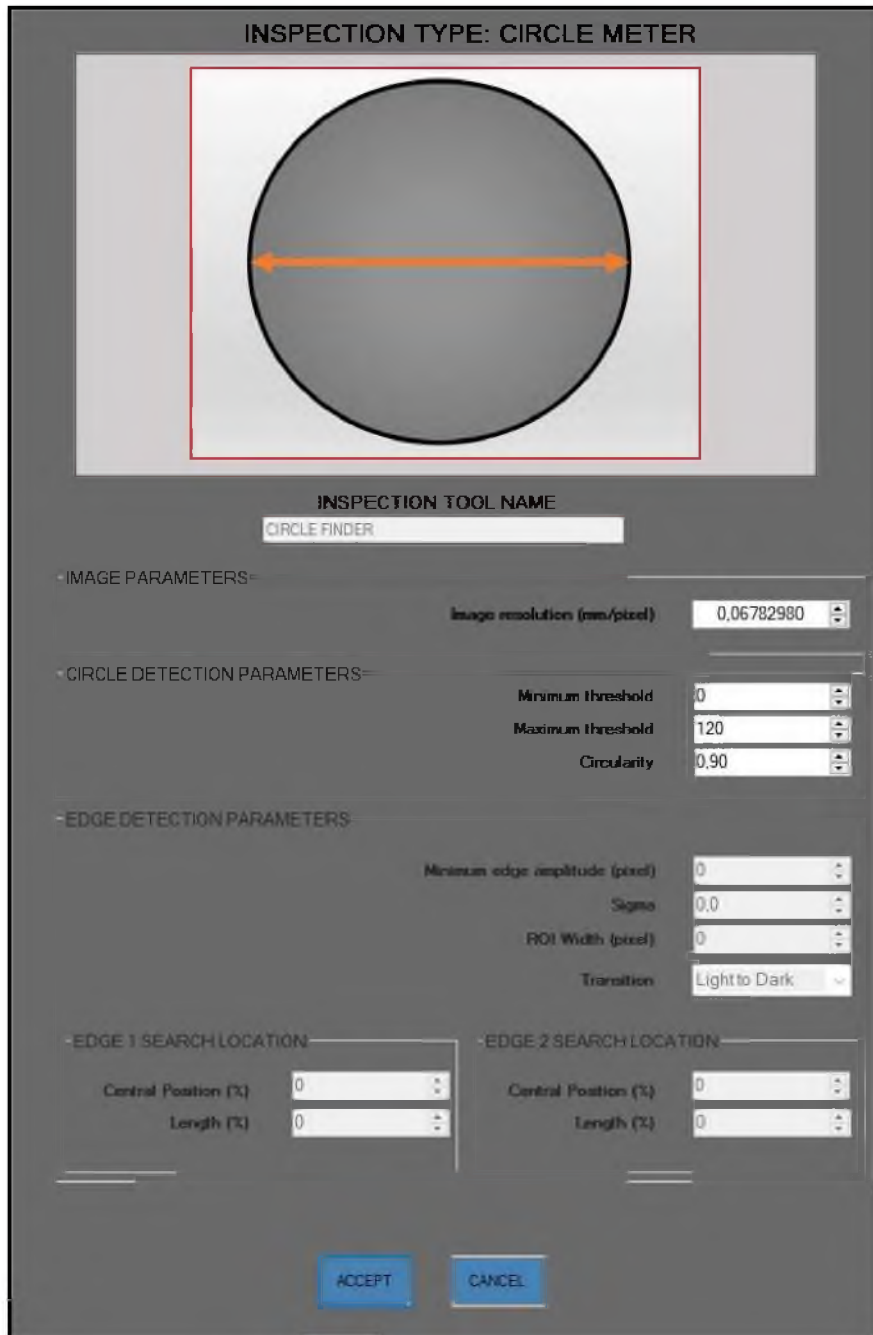


Figura 11.- Fereastra de parametri a tipului de inspecție Circle Finder.

Odată configurat, apăsați butonul ACCEPT pentru a crea instrumentul sau butonul de anulare pentru a renunța la crearea acestuia. Odată creat, îl putem testa apăsând butonul APLICĂ, arătând rezultatele măsurătorii în imagine. Instrumentul va afișa diametrul tuturor cercurilor găsite în zona de inspecție și va marca conturul lor în verde.

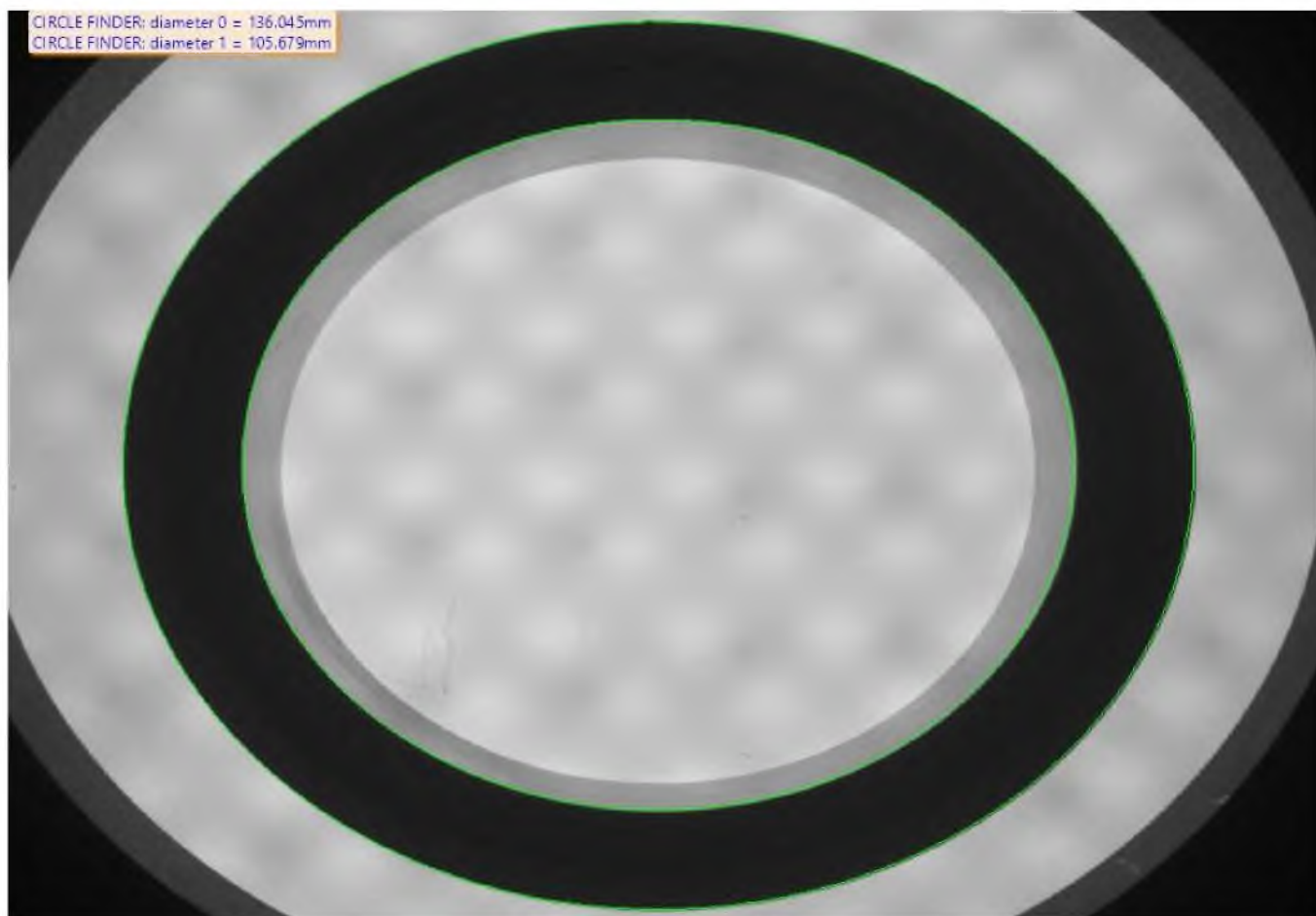


Figura 12.- Ieșire instrument Căutare de Cerc.

2.4.3 INSTRUMENT DE INSPECȚIE: DE LA MARGINE LA MARGINE

Acest algoritm caută două muchii paralele, în față și opuse, calculând distanța dintre ele. Pe plan intern, se caută două margini inversate (de la lumină la întuneric și de la întuneric la lumină) care se află în poziția centrală și în direcția marcată de săgeată în dreptunghi. Dacă sunt detectate muchii, se calculează punctul de mijloc și se determină distanța pantei dintre punctele centrale ale fiecărei muchii în milimetri.

Figura următoare prezintă parametrii de configurare ai instrumentului odată ce zona de căutare a fost poziționată, care va avea grupul de parametri de detectare a imaginii și a cercului activat. După cum se poate observa în imagine, parametrii de locație a axei sunt dezactivați deoarece, implicit, acest instrument îi are în poziție centrală: 50% și lungime: 50%.

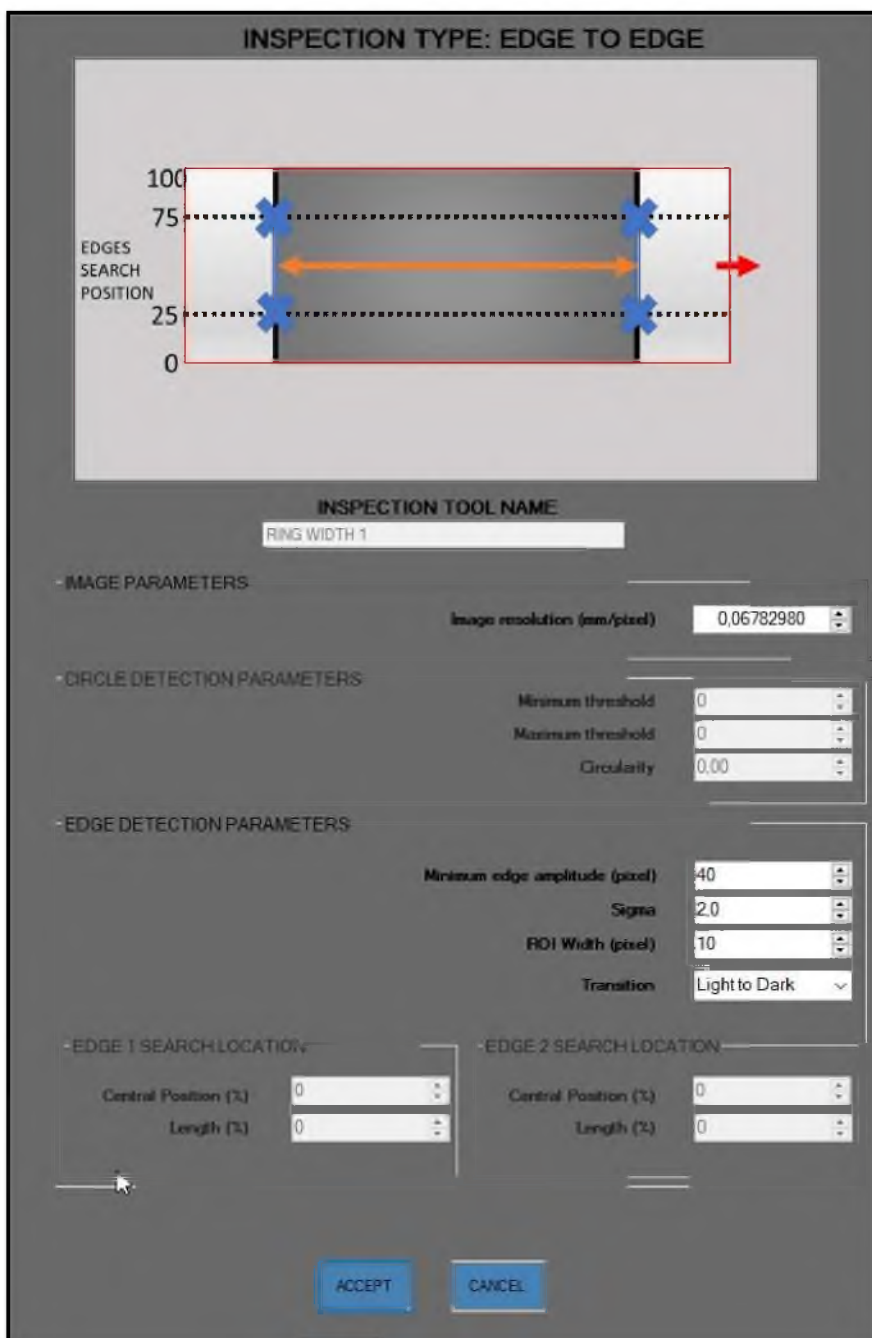


Figura 13.- Fereastra de parametri a tipului de inspecție della mucjie la muchie

Odată configurat, faceți clic pe butonul ACCEPT pentru a crea instrumentul sau pe butonul de anulare pentru a renunța la crearea acestuia. Odată creat, îl putem testa apăsând butonul de aplicare, arătând rezultatele măsurătorii în imagine. Instrumentul va afișa distanța dintre punctele centrale ale marginilor detectate, marcându-le cu verde și desenând o săgeată care leagă ambele puncte.

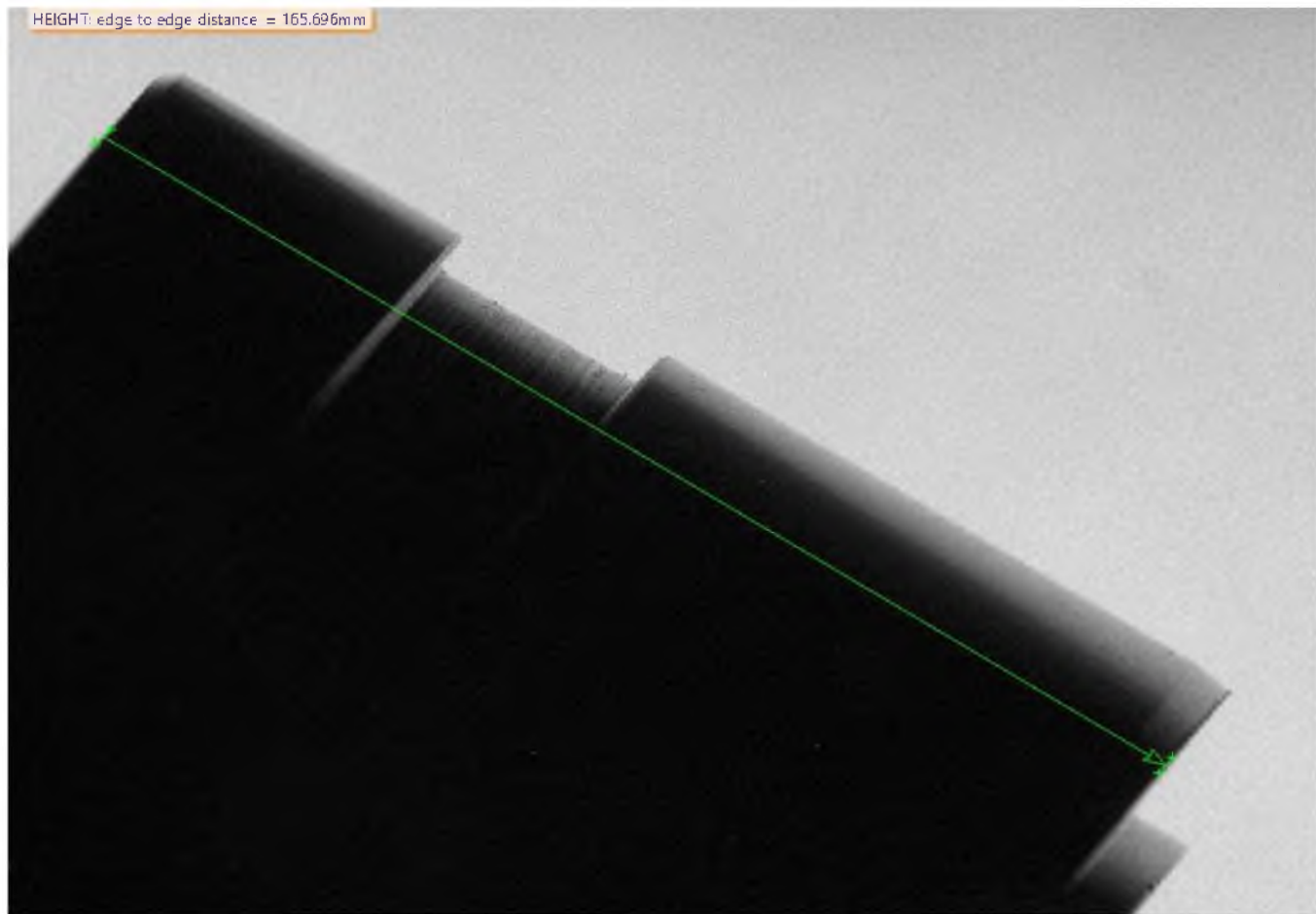


Figura 14.- Rezultat inspecție de la margine la margine

2.4.4 INSTRUMENT DE INSPECȚIE: CALCULAREA UNGHIULUI (ANGLE METER)

Acest algoritm este util în special pentru a calcula unghiul care este format de marginile și laturile obiectului. Pe plan intern, odată ce ambele margini au fost detectate, se efectuează un calcul al unghiului format de ambele secțiuni. Interpretăm secțiunile ca vectori A și B formați din punctele de început și de sfârșit. Rotirea vectorului A în sens invers acelor de ceasornic pe vectorul B (centrul de rotație este punctul de intersecție al celor două linii) rezultă unghiul. Rezultatul depinde de ordinea punctelor și de ordinea liniilor. Parametrul Angle returnează unghiul în grade, variind de la $-180^\circ \leq \text{Angle} \leq 180^\circ$.

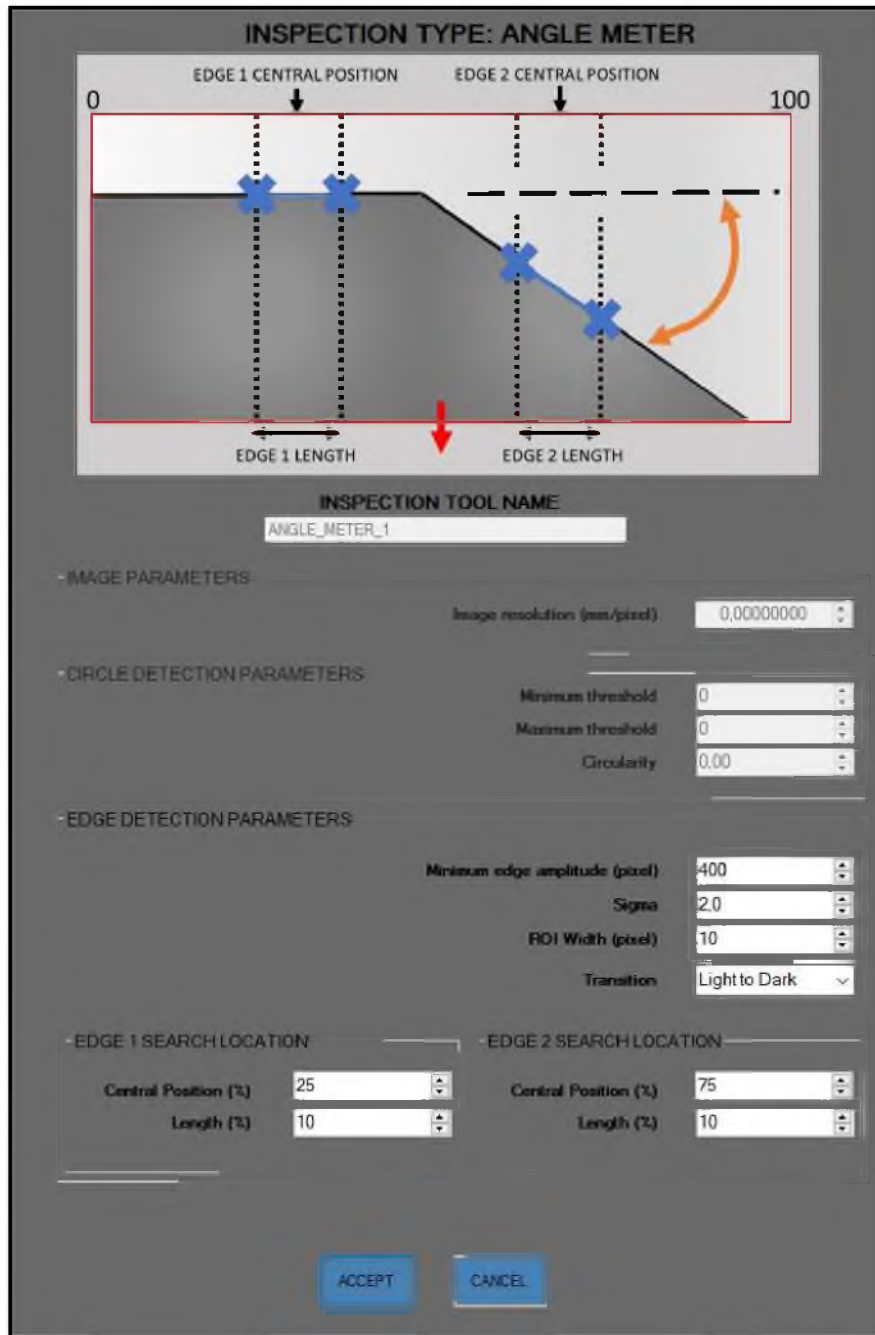


Figura 15.- Fereastra de parametri a tipului de inspecție Calcularea Unghiului (Angle Meter).

Odată configurat, faceți clic pe butonul ACCEPT pentru a crea instrumentul sau pe butonul de anulare pentru a renunța la crearea acestuia. Odată creat, îl putem testa apăsând butonul APLICĂ, arătând rezultatele măsurătorii în imagine. Instrumentul va afișa unghiul în grade al ambelor margini și le va desena în verde.

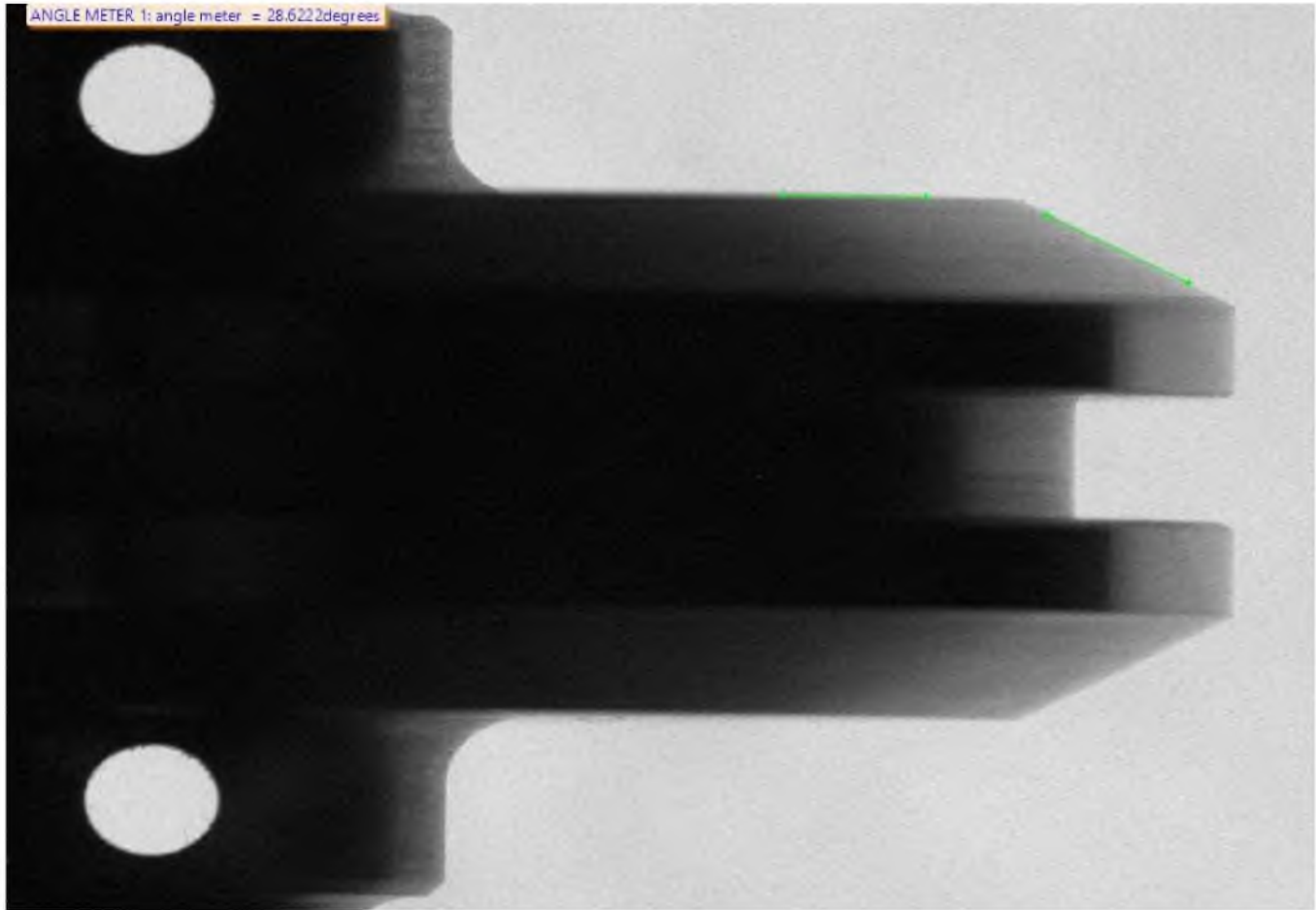


Figura 16.- Ieșire instrument de măsurare a unghiului

2.4.5 INSTRUMENT DE INSPECȚIE: CALCULAREA PASULUI (STEP METER)

Acest algoritm măsoară distanța dintre două margini paralele și nu opuse. Pe plan intern, odată ce ambele muchii au fost calculate, se obține unghiul primului segment. Ulterior, se generează o linie perpendiculară prin punctul central al ambelor secțiuni. În final, se calculează punctele de intersecție ale dreptelor care trec prin ambele muchii și linia perpendiculară, calculându-se distanța geometrică dintre ambele puncte obținute.

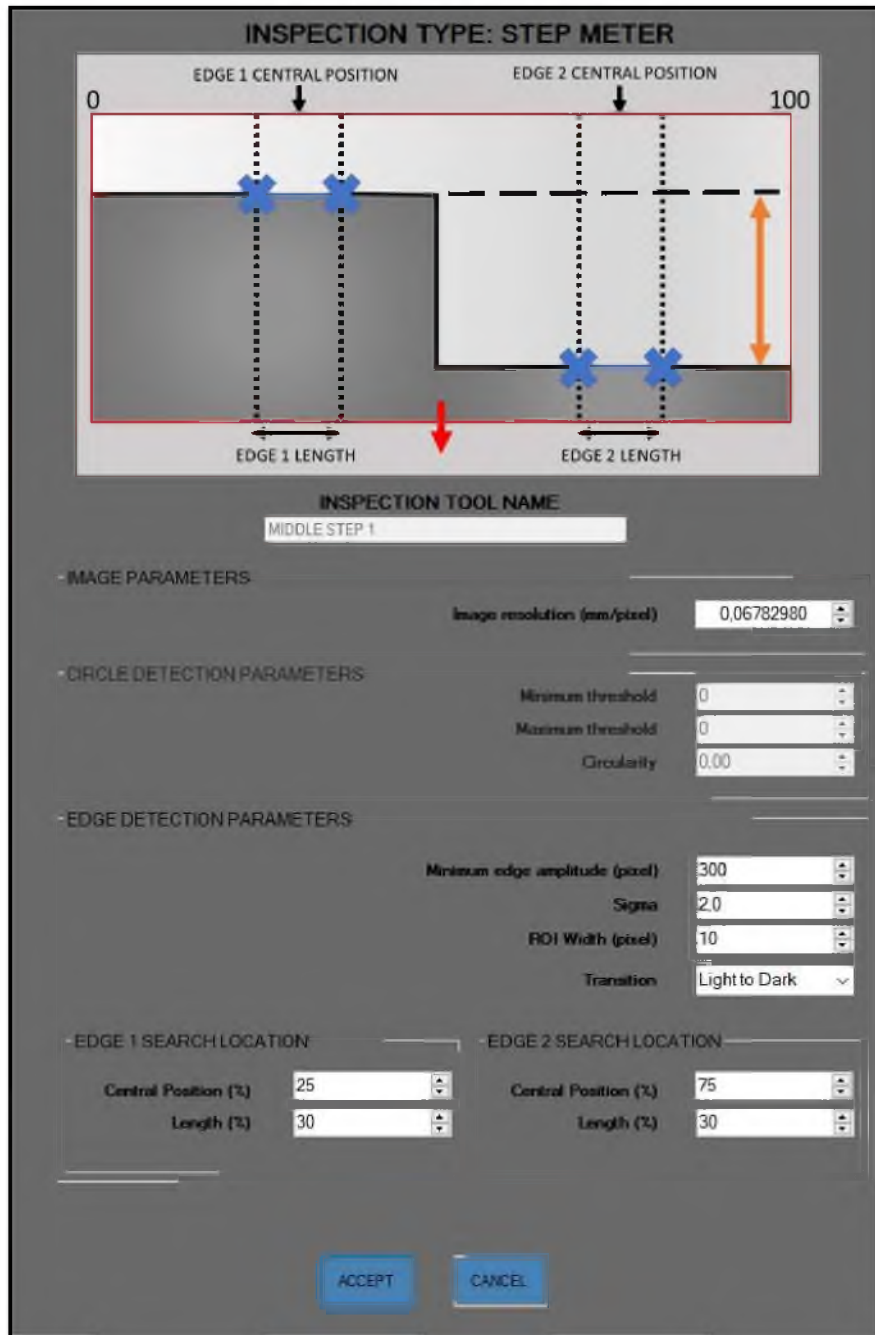


Figura 17.- Fereastra de parametri a tipului de inspecție Calcularea Pasului (Step Meter).

Odată configurat, faceți clic pe butonul ACCEPT pentru a crea instrumentul sau pe butonul de anulare pentru a renunța la crearea acestuia. Odată creat, îl putem testa apăsând butonul APLICĂ, arătând rezultatele măsurătorii în imagine. Instrumentul arată rezultatul măsurării, marcând marginile detectate și linia perpendiculară centrală dintre ele în verde.

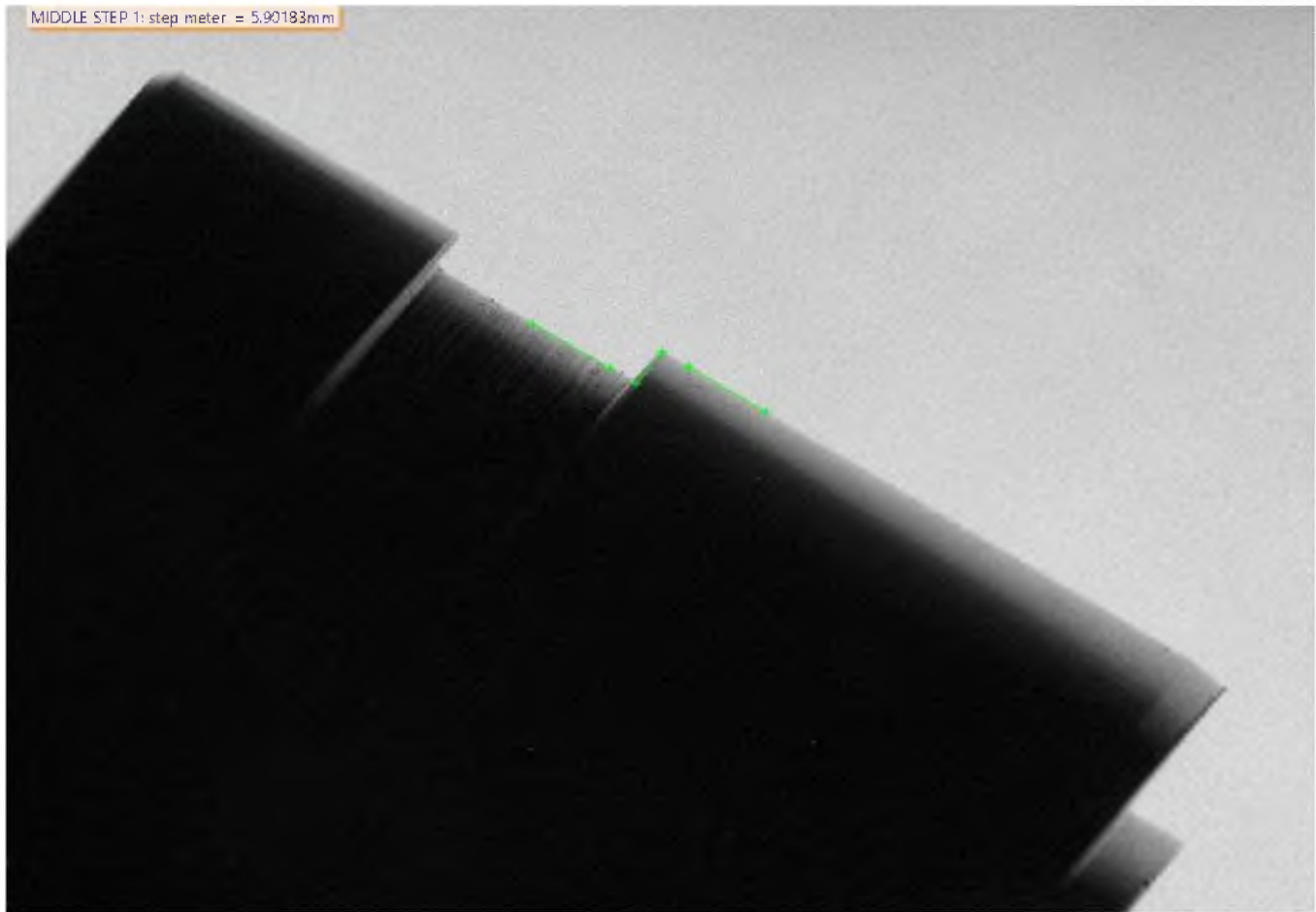


Figura 18.- Ieșire instrument de masurare a pasului.

2.4.6 INSTRUMENTE DE INSPECȚIE: DE LA MUCHIE LA CERC

Acest algoritm măsoară distanța ortogonală dintre o margine și centrul cercului detectat pe o anumită ROI. Intern, un cerc în interiorul ROI este mai întâi căutat în același mod ca și algoritmului de căutare a Cercului. Ulterior se caută marginea de detectat în imagine și se trasează o perpendiculară între această margine care trece prin mijlocul acesteia. Intersecția acestei linii perpendiculare cu o linie paralelă cu muchia găsită care trece prin mijlocul cercului va fi valoarea finală a distanței..

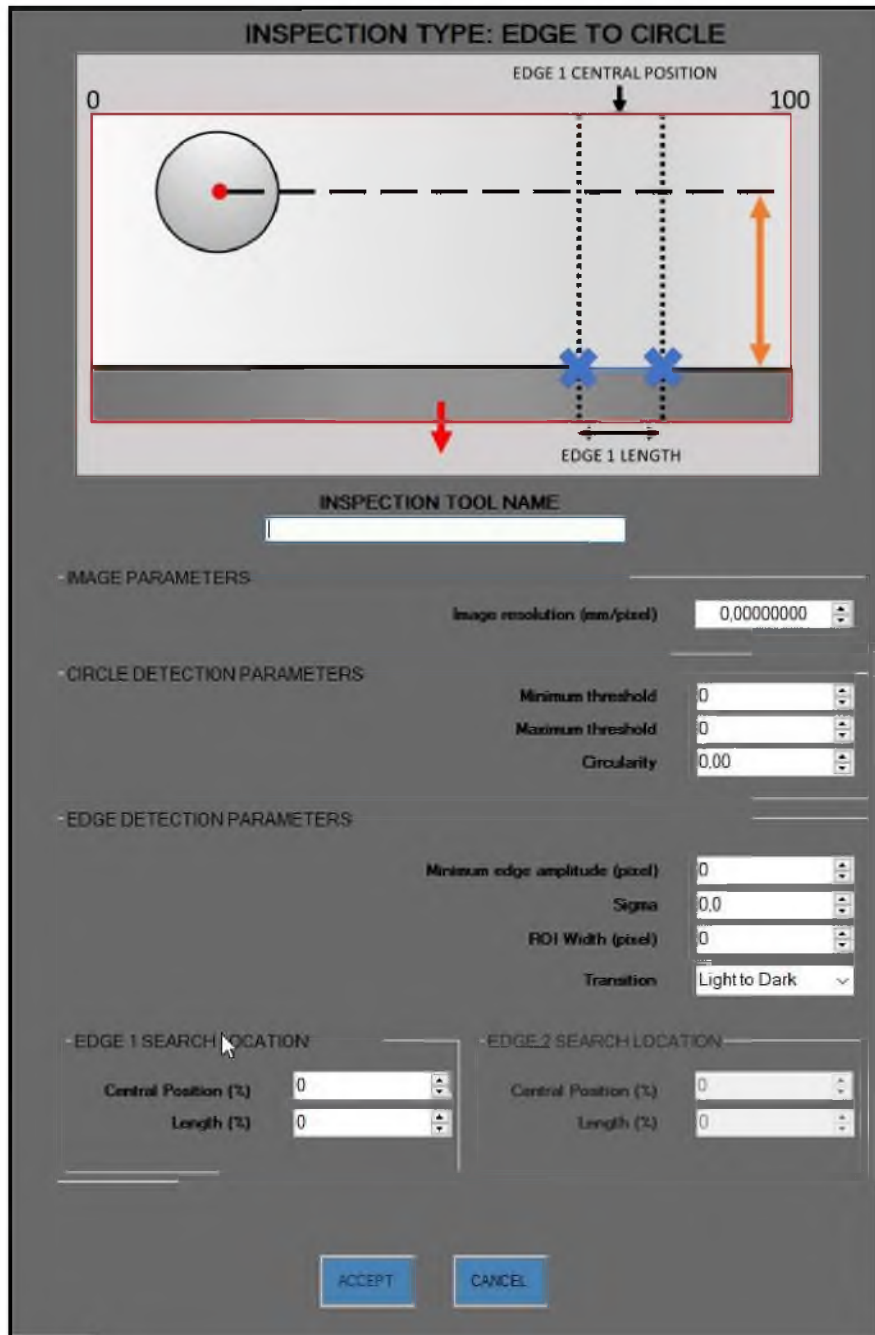


Figura 19.- Fereastra de parametri a tipului de inspecție De la Muchie la Cerc

Odată configurat, faceți clic pe butonul ACCEPT pentru a crea instrumentul sau pe butonul de anulare pentru a renunța la crearea acestuia. Odată creat, îl putem testa apăsând butonul APLICĂ, arătând rezultatele măsurătorii în imagine. Instrumentul arată rezultatul măsurării, marcând marginea detectată, punctul central al cercului, linia paralelă cu marginea care trece prin centrul cercului și linia perpendiculară din centrul marginii, care este măsura finală.

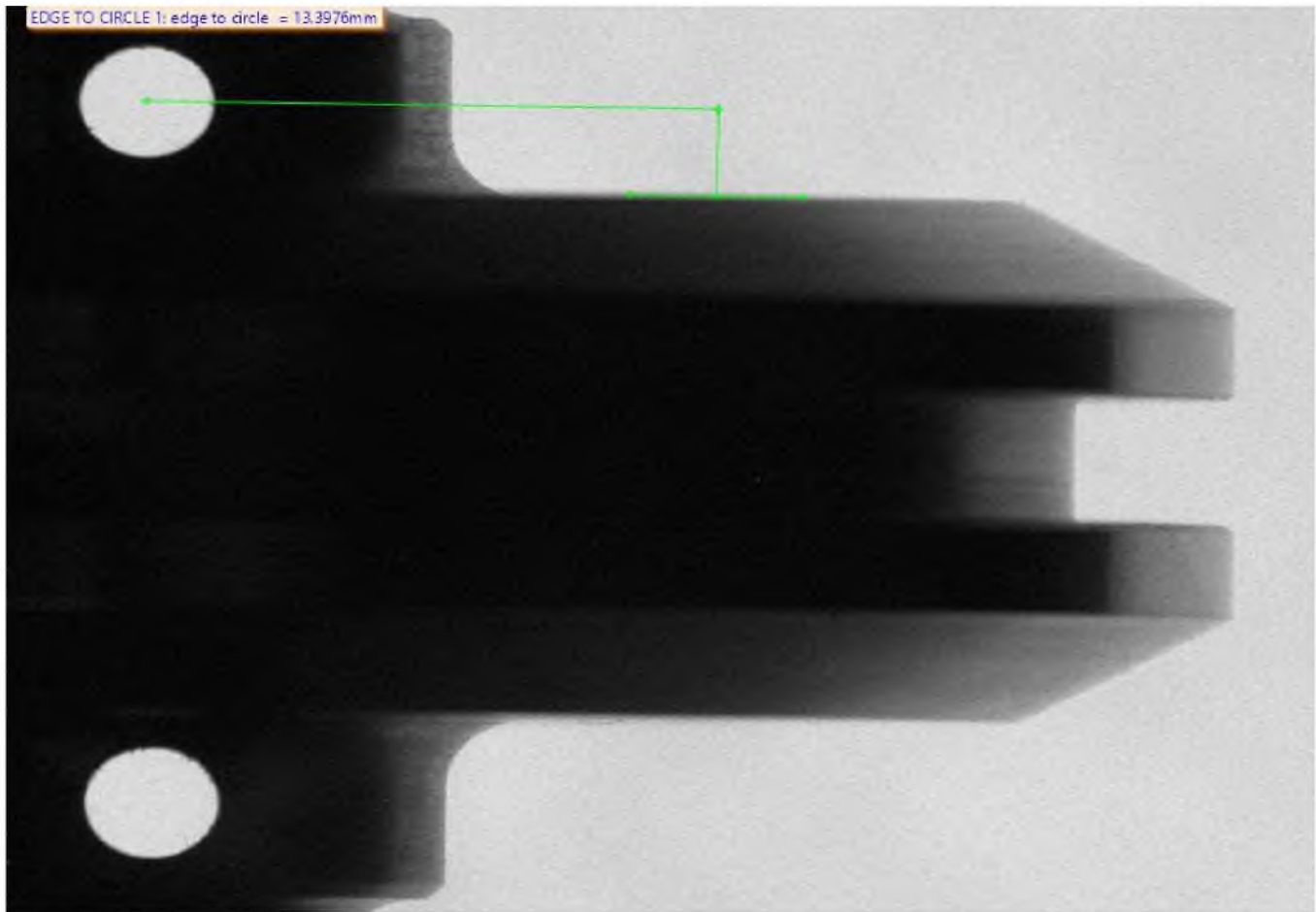


Figure 20.- Ieșire instrument de masurare De la Muchie la Cerc

2.4.7 AVERTIZARE ȘI ERORI DE PROCESARE

Este posibil ca, având configurat un instrument prin completarea parametrilor, aceștia să nu fie configurați corect și fie să apară o eroare de procesare la obținerea informațiilor despre imagine, fie un avertisment că măsurarea nu a putut fi efectuată. În ambele cazuri, acest lucru va fi indicat în imagine prin intermediul unei notificări de revizuire a parametrilor de configurare ai instrumentului corespunzător.

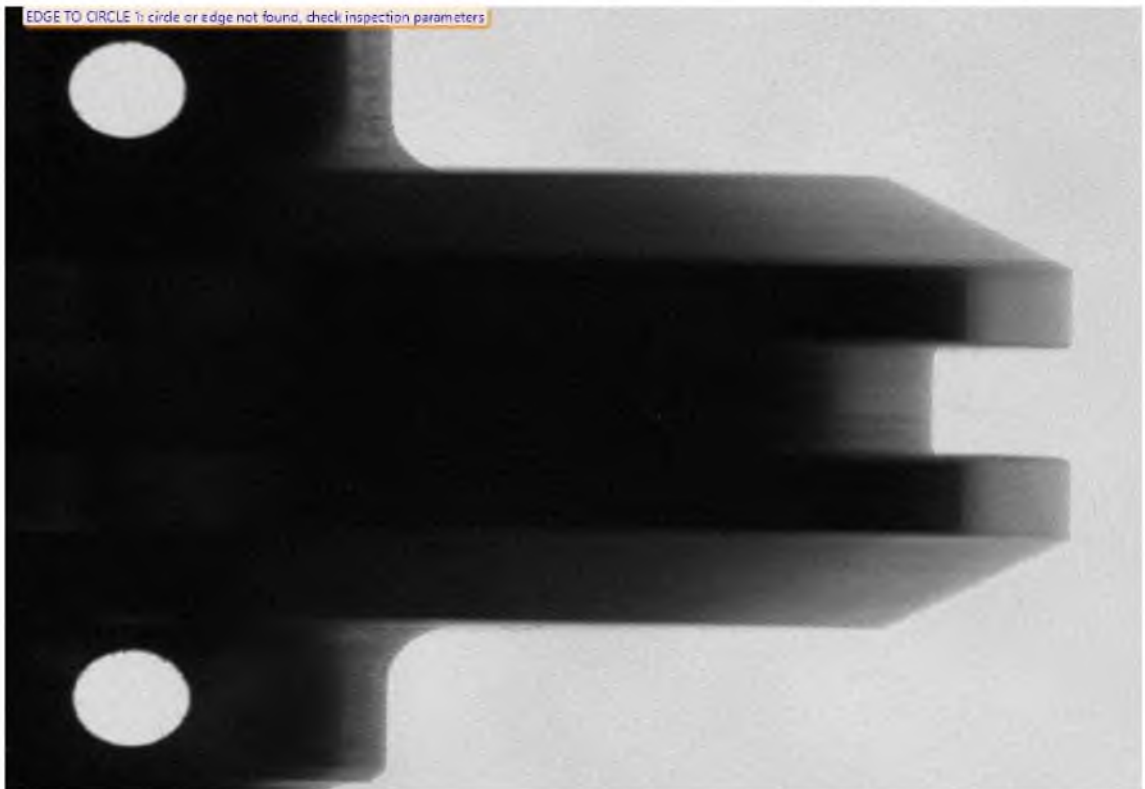
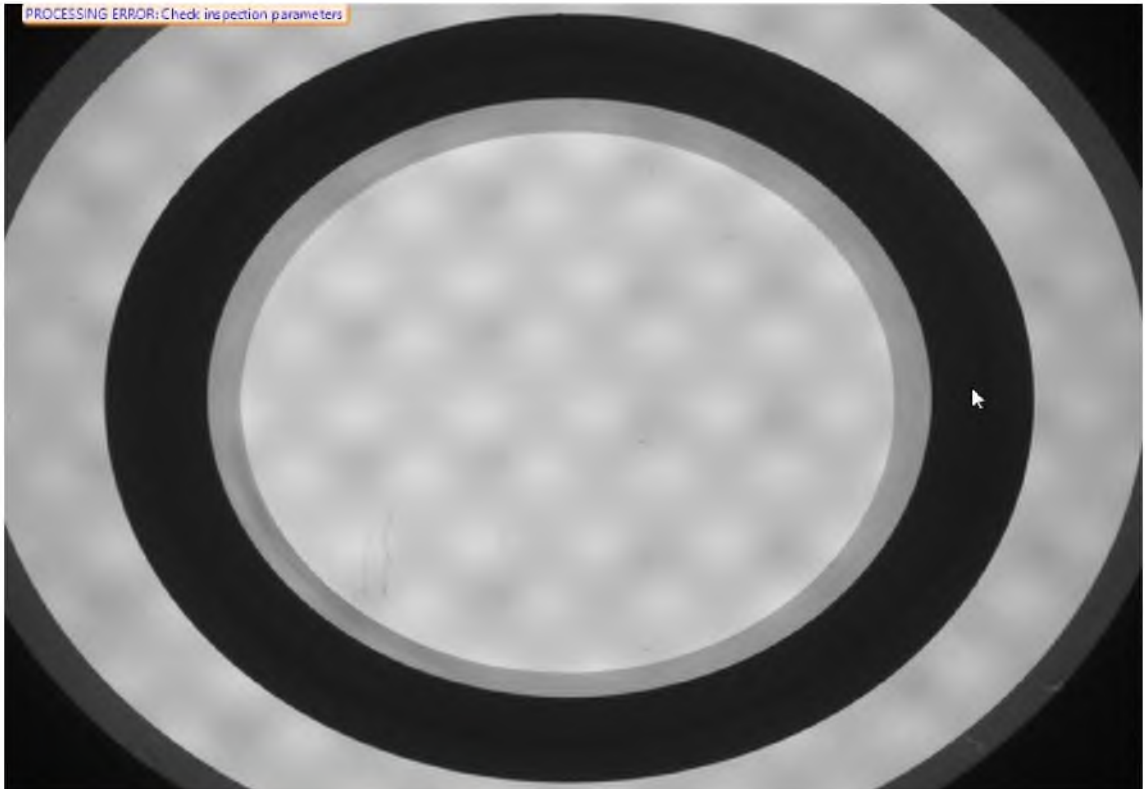


Figura 21.- Imagini ale erorii de procesare (sus) și avertismentul de revizuire a parametrilor (jos).

2.5 TESTUL INSTRUMENTULUI

Odată ce o vizualizare a fost configurată cu instrumentele sale de măsurare, aplicația vă permite să încărcați noi imagini pentru a le aplica și să verificați aceste instrumente. În mod logic, imaginea încărcată ar trebui să conțină aceeași referință și vizualizare ca și cea care este activă în prezent. Pentru a face acest lucru, trebuie mai întâi să apăsați butonul LOAD IMAGE și să selectați imaginea. Aceasta se va încărca automat în fereastra principală și vom putea aplica instrumentele de măsurare. Putem încărca câte imagini doriți. Pentru a reveni la imaginea definită ca vizualizare originală pentru a configura instrumentele, trebuie să apăsăm butonul BACK TO VIEW.



Figura 22.- Zona butoanelor de testare a instrumentelor.