

# **Controlul calității în industria porțelanului folosind tehnologii bazate pe vederea artificială**

**Autor: Onița Daniela Marcela**

**Profesori coordonatori: Conf. univ. dr. Bîrluțiu Adriana, Conf. univ. dr. ing. Kadar Manuella**

**Instituție: Universitatea “1 Decembrie 1918” din Alba Iulia**

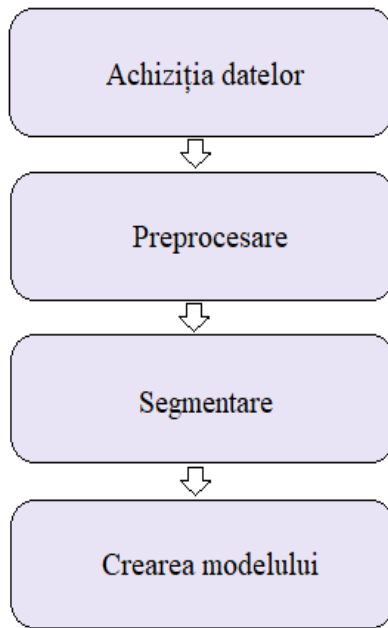
**Abstract** - *This paper presents a system based on computer vision for optimizing the porcelain production flow. We have investigated the use of integral Robot Vision (iRVision) technology. iRVision is a ready-to-use robotic vision package available for FANUC robots. The experimental evaluation shows that the inspection system that we developed can correctly identify under certain conditions if a product is defective or not.*

## **1. Introducere**

În zilele noastre sistemele bazate pe vedere artificială sunt utilizate în industrii precum: industria medicală, militară, etc. S-a ajuns la introducerea acestor sisteme în majoritatea industriilor datorită nevoii de menținere a calității ridicate. În industria de fabricare a produselor din porțelan controlul calității este încă realizat de către angajați. Sunt necesare sisteme de vedere artificială care să ușureze munca oamenilor și să contribuie la creșterea calității.

Prima etapă din construirea unei inspecții este achiziționarea imaginilor. Pentru construirea setului de date s-au achiziționat imagini folosind camere Kowa, Basler, etc. Calitatea imaginilor influențează modelul creat pentru detecția defectelor. Astfel, este necesară calibrarea camerei și setarea unor parametri optimi pentru a capta imagini de o calitate superioară. Calibrarea reprezintă partea esențială a configurării și operării sistemului de măsurare a poziției. Orice senzor trebuie calibrat astfel încât să determine cu precizie parametrii, cum ar fi puncte și orientări le camerei.

O altă etapă importantă este preprocesarea imaginilor achiziționate. Pentru prelucrarea imaginilor, în funcție de specificul modelului creat, se aplică diferite filtre pentru extragerea informațiilor necesare.



**Figura 1: Etapele construirii unei inspecții**

Segmentarea imaginilor este o etapă în care se selectează secțiunea de interes dintr-o imagine. Spre exemplu, pentru detecția defectelor de pe piciorul unei farfurii, se selectează doar acea parte, restul farfuriei se ignoră.

Crearea modelului este partea finală a inspecției. În cadrul acestei etape se definesc condițiile specifice inspecțiilor și se decide dacă un produs trece sau nu inspecția.

Lucrări recente au investigat detecția defectelor în plăci [1], [2], [3], [4]. Sunt și alte investigații în industria ceramicii raportate în [5], [6], [7], [8]. Doar câteva lucrări investighează controlul automatizat al calității în fabricarea articolelor din porțelan [9], [10]. În [11] este propusă o tehnică de detecție a defectelor de suprafață cum ar fi fisuri, ciobituri, folosind tehnici morfologice de prelucrare a imaginilor. Conform bibliografiei efectuate, soluții de viziune integrate pentru vizualizarea plăcilor ceramice nu sunt încă disponibile. De fapt, inspecția vizuală prin prelucrarea și analiza imaginilor este în continuare o tehnologie emergentă în industria ceramică globală [6]. Sectorul de producție a plăcilor ceramice a fost unul dintre cele mai proeminente sectoare ale cercetării și dezvoltării tehnicilor de vedere artificială și a prototipurilor [4], [3], [12], [13]. Aceste tehnici, bazate pe segmentarea adaptivă și detecția marginilor sunt dedicate pentru a identifica cele mai relevante defectele care s-au dovedit a deprecia plăcile ceramice. Standardizarea privind determinarea calității ceramicii a fost stabilită de Organizația Internațională Standard (ISO) în documentul SNI ISO 10545-2: 2010 [14].

Detecția defectelor în produsele ceramice a fost investigată folosind învățarea profundă în [15]. Concluziile din [15] dezvăluie faptul că învățarea profundă a avut rezultate mai bune în comparație cu alte tipuri de învățare. În plus, detecția defectelor de pe suprafața produselor ceramice au fost investigate folosind Active Learning and Transfer Tehnici de învățare [16].

## 2. Design-ul și implementarea sistemului

### 2.1. Manipularea robotului

Modul de funcționare a sistemului optimizat pentru inspecția farfuriilor, care este integrat în industria de producție a porțelanului este realizat astfel: 1) Produsul ajunge la sistemul de inspecție. 2) Senzorul detectează produsul și trimite un semnal sistemului de vedere artificială. 3) Iluminarea produsului. 4) Sistemul de vedere artificială primește imaginea de la senzor. 5) Algoritmii software care rulează pe sistem procesează și analizează imaginea primită. 6) Sistemul de vedere artificială transmite semnale vizuale către un sistem industrial robot care acționează ca un divertor în cazul în care produsul este defect. 7) Operatorul uman vizualizează produsele respinse, statisticile și poate dezactiva sistemul dacă necesar.

Figura 2 prezintă un prototip de laborator care efectuează pașii descriși mai sus.



**Figura 2: Modul de funcționare a sistemului optimizat pentru inspecția farfuriilor.**

### 2.2. iRVision

iRVision (Robot Vision integrat) [17] este un pachet “ready-to-use” de vizualizare disponibil pe roboții FANUC. Acest sistem de vizualizare permite manipularea ușoară a roboților, poziționarea sau detectarea defecțiunilor. Achiziționarea și prelucrarea imaginilor se face folosind controller-ul robotului. Sistemul iRVision are următoarele componente: camera foto și lentilă (sau senzor tridimensional cu laser), cablu pentru cameră, echipament de iluminat și multiplexorul camerei. iRVision măsoară poziția fiecărui obiect prin utilizarea camerelor de luat vederi și reglează mișcarea robotului astfel încât acesta să poată manipula farfuria.

iRVision include o funcție numită Inspecție iRVision, aceasta fiind principala funcție utilizată și prezentată în această lucrare. Această funcție este utilizată pentru a evalua dacă o imagine trece sau nu inspecția, pe baza unor condiții specificate. În primul rând se selectează o imagine, se pre-procesează imaginea, se creează un model și se evaluează. Inspecția iRVision automatizează inspecția vizuală efectuată manual înainte.

Pentru realizarea unei inspecții folosind iRVision se pot utiliza mai multe instrumente: GPM Locator, Surface flaw, Histogram tool, etc.

### 2.2.1. GPM Locator tool

Instrumentul de localizare GPM este folosit pentru detectarea formelor geometrice pe baza formelor învățate din modelul creat și afișează poziția formei detectate în imagine. Linia de contur este utilizată pentru detectarea exactă a poziției țintă. Instrumentul de localizare GPM furnizează următoarele măsurători valorice pentru inspecție: poziție, unghi, dimensiune, aspect, înclinare unghiul, scorul, eroarea și contrastul.

### 2.2.2. Surface flaw inspection tool

Acest instrument este folosit pentru a găsi defectele de pe suprafața unui obiect și poate fi utilizat pentru numărarea defectelor, găsirea defectelor la materialele plastice turnate sau pe suprafețele metalice. Are următoarele valori de măsurare pentru inspecție: numărul de defecte, suprafața totală, raportul defectelor, raportul inspectat, suprafața maximă, perimetrul maxim, magnitudine maximă.

### 2.2.3. Histogram tool

Acest instrument măsoară luminozitatea unei imagini. Poate fi folosit în aplicații, cum ar fi identificarea tipului și în evaluarea impurităților. Histograma are mai multe valori măsurate pentru inspecție: numărul de pixeli, luminozitatea celui mai strălucitor pixel, luminozitatea celui mai întunecat pixel, mediana luminozității, modul de luminozitate, abaterea standard a luminozității, raportul dintre pixeli în intervalul selectat și raportul dintre pixeli în afara intervalului.

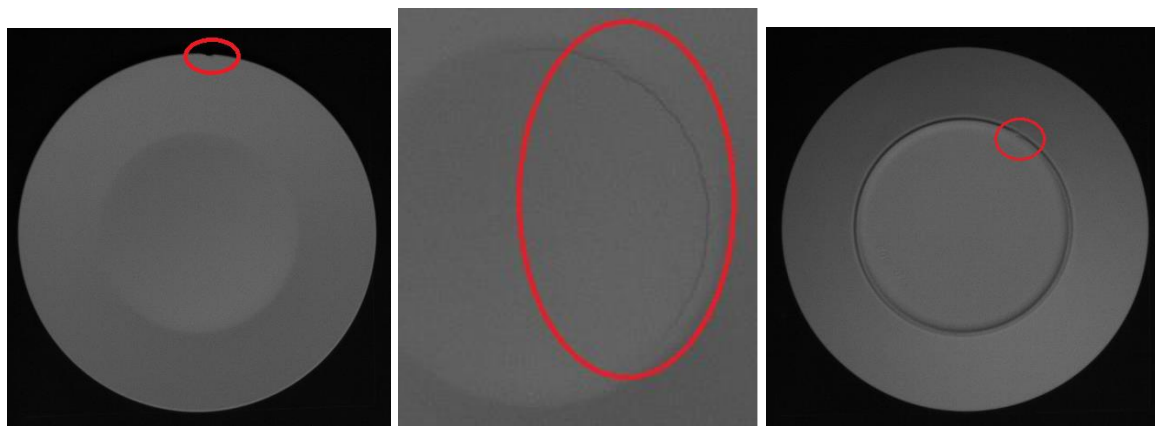
### 2.2.4. Evaluation tool

Instrumentul de evaluare este folosit pentru a decide dacă o țintă trece sau nu inspecția. Acesta primește valori de măsurare rezultate de la celelalte instrumente (GPM Locator, Surface flaw inspection, Histogram tool, etc), cum ar fi localizarea și măsurarea și scoate rezultatul evaluării prin verificarea expresiilor condiționale specificate. Pot fi definite una sau mai multe expresii condiționale. Toate inspecțiile trebuie să aibă cel puțin un instrument de evaluare.

## 3. Analiza experimentală

Setul de imagini utilizat a fost achiziționat folosind camere Kowa. S-a încercat calibrarea camerei, iar setările optime sunt următoarele: distanța de 81 cm, lumină infraroșie și diagrama parțial deschisă.

Setul de date conține imagini a 5 produse diferite, captând atât fața cât și spatele farfuriilor. Exemple de defecte ale farfuriilor pot fi văzute în Figura 3.



**Figura 3: Exemple de defecte ale farfuriilor: a) ciobitură; b) fisură; c) ciobitură picior spate.**

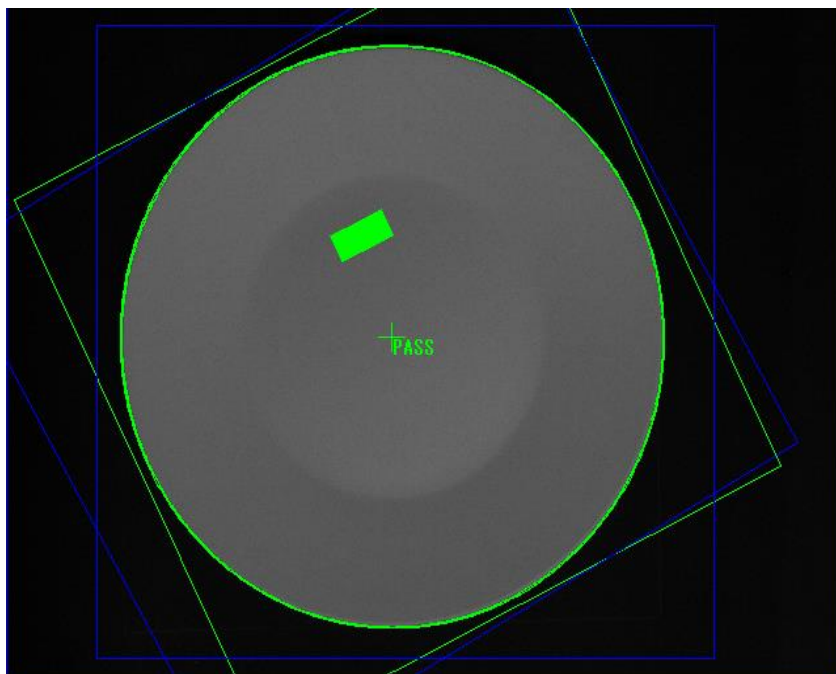
A fost creat un model de inspecție care detectează dacă o farfurie are ciobituri sau fisuri. Pentru realizarea inspecției s-a folosit Inspecția iRVision cu următoarele instrumente: GPM Locator tool, Histogram tool și Surface flaw inspection tool. GPM Locator s-a folosit pentru a detecta farfuria indiferent de poziția ei în imagine, Histogram tool pentru a detecta ciobiturile, iar Surface flaw inspection tool pentru detecția fisurilor de pe suprafața farfuriilor.

Prima etapă în crearea unui model folosind iRVision este încărcarea unei imagini fără defecte care a fi folosită ca și model corect. Ca și tehnici de segmentare a imaginilor s-a folosit aplicarea unei măști cu scopul de a masca zonele care sunt în afara conturului farfuriei. Este indicată folosirea măștilor pentru cazurile în care în fundalul imaginilor nu este neted. După aplicarea unei măști, instrumentele folosite acționează doar asupra suprafeței farfuriei.

Pentru etapa de evaluare a inspecției am creat 2 variabile și 2 condiții: una pentru a evalua rezultatul histogramei și una pentru a evalua rezultatul instrumentului Surface flaw inspection. Pentru a evalua histograma am folosit ca și variabila valoarea "Minimum", care descrie luminozitatea celui mai întunecat pixel. Condiția pentru a verifica dacă o farfurie are ciobituri este: dacă valoarea luminozității celui mai întunecat pixel este mai mare sau egală cu 20, atunci ținta va trece inspecția.

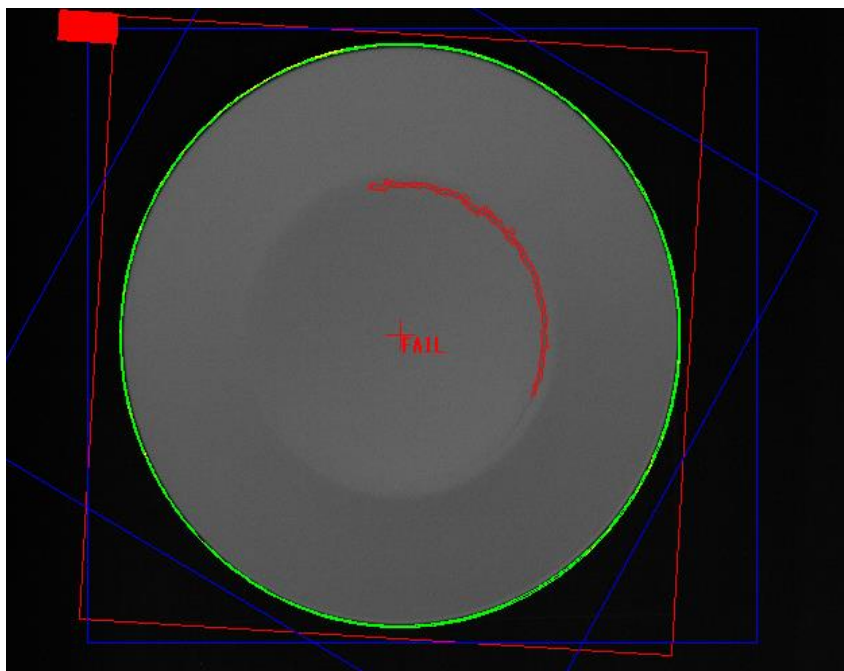
Pentru a verifica dacă farfuriile au fisuri am folosit numărul de defecte ca și variabilă returnată de instrumentul Surface flaw inspection. Condiția pentru a verifica dacă o farfurie are fisuri este: dacă numărul de defecte identificat este egal cu 0, atunci ținta trece inspecția.

#### 4. Rezultate



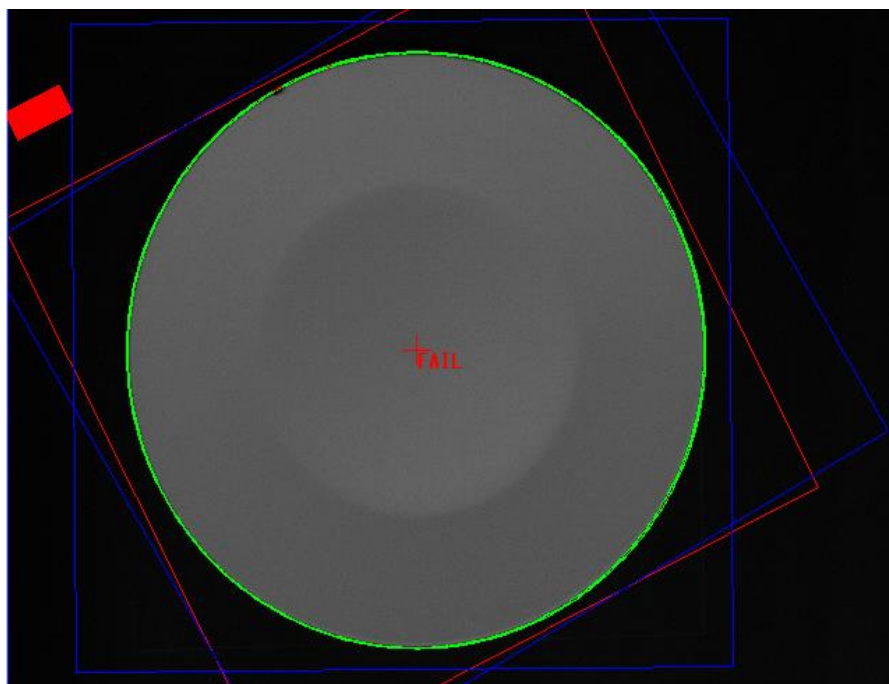
**Figura 4: Inspecția unei farfurii fără defecte.**

În Figura 4 este reprezentată inspecția unei farfurii fără defecte. Farfuria/Ținta a trecut inspecția pentru că cele 2 condiții au fost îndeplinite.



**Figura 5: Inspecția eșuată a unei farfurii cu fisuri.**

În Figura 5 este prezentată o inspecție eșuată, deoarece pe suprafața farfuriei a fost detectată o fisură, astfel nefiind îndeplinită condiția instrumentului Surface flaw inspection.



**Figura 6: Inspecția unei farfurii cu ciobitură.**

Figura 6 prezintă o inspecție eșuată, deoarece farfuria este ciobită. Datorită segmentării imaginii cu ajutorul măștii, instrumentul Histogram vede doar suprafața farfuriei definite la începutul inspecției ca și model. În cazul farfuriei din imagine, în zona în care este ciobitura sunt mai mulți pixeli negrii. Dacă valoarea luminozității unui singur pixel negru este mai mică decât 20, atunci ținta eșuează inspecția. Valoarea luminozității celui mai întunecat pixel din imaginea din figura de mai sus este 14, de aceea condiția pusă nu este îndeplinită, iar ținta eșuează inspecția.



## 5. Concluzii

În această lucrare am investigat dacă farfuriile au defecte folosind tehnici de Computer Vision. Am folosit Inspectia iRVision pentru evaluarea imaginilor cu farfurii. Inspectia iRVision are instrumente utilizate pentru a evalua dacă o țintă dintr-o imagine trece sau eșuează inspectia. Rezultatul evaluării se bazează pe combinația condițiilor specificate. Am folosit diferite instrumente pentru detecția defectelor de suprafață, pentru detecția fisurilor și a deformărilor și pentru detecția defectelor de textură. Evaluarea experimentală arată că sistemul de inspectie pe care l-am dezvoltat poate identifica corect, în anumite condiții, dacă un produs este defect sau nu.

## 6. Bibliografie

- [1] Mostafavi, M.S.: A New Method in Detection of Ceramic Tiles Color Defect Using Genetic C Means Algorithm. In Proceeding of World Academic of Science, Engineering and Technology. pp. 168-171, (2006)
- [2] Rahaman, G., Hossain, M.: Automatic Defect Detection and Classification Technique from Image: A Special Case Using Ceramic Tiles. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS). 1: 22-30, (2009)
- [3] Vasilic S., Hocenski Z.: The Edge Detecting Methods in Ceramic Tiles Defects Detection. In IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (2006)
- [4] Boukouvalas, C., Kittler, J., Marik, R., Mirmehdi, M., Petrou, M.: Ceramic Tile Inspection for colour and structural defects. Proceedings of AMPT95; p. 390399; (1995)
- [5] He D., Li R., Zhu J., Zade M. Data Mining Based Full Ceramic Bearing Fault Diagnostic System Using AE Sensors. IEEE Transactions on Neural Networks, v. 22(12), pp. 2022-2031, 2011.
- [6] Silveira J., Ferreira M.J., Santos C., Martins T.: Computer Vision Techniques Applied to the Quality Control of Ceramic Plates. Journal of Physics Conference Series, p. (2009)
- [7] Yoon J.M., He D., Qiu B. Full ceramic bearing fault diagnosis using LAMSTAR neural network. Prognostics and Health Management (PHM), 2013 IEEE Conference on, pp. 1-9, 2013.
- [8] Hosseininia S.J., Khalilia K., Emam S.M. Flexible Automation in Porcelain Edge Polishing Using Machine Vision. 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG, Procedia Technology 22 ( 2016 ) 562 ^a 569, Elsevier, 2015.
- [9] Baeta, R. Automated Quality Control in Ceramic Industry. Dissertation. Mechanical Engineering Department, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal (2013)
- [10] Milkie, D.: SPOTLIGHT - Detecting Defects in Dinnerware, 2011 Dan Milkie: SPOTLIGHT - Detecting Defects in Dinnerware, Vision Systems Design, vol 16, issue 10, 2011.
- [11] Elbehiery, H., Hefnawy A., Elewa, M.: Surface defects detection for ceramic tiles and using morphological image processing techniques. World Academy of Science, Engineering and Technology. 5, 158-162, (2005)
- [12] Hocenski Z., Vasilic S., Hocenski, V. Improved Canny Edge Detector in Ceramic Tiles Defect Detection^a. in IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 ^a 32nd Annual Conference, 2006.

- [13] Desoli, G.S.; Fioravanti, S.; Fioravanti, R.; Corso, D. A system for automated visual inspection of ceramic tiles. in International Conference on Industrial Electronics Control and Instrumentation, 1993.
- [14] Ceramic Tiles - Part 2: Determination of dimensions and surface quality. National Standard Corporation, 2010, SNI ISO 10545-2.
- [15] Birlutiu A., Burlacu A., Kadar M., Onita D.. Defect Detection in Porcelain Industry based on Deep Learning Techniques. 19<sup>th</sup> International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, Timisoara, September 21- 24, 2017. (accepted)
- [16] Birlutiu A., Onita D.. Active Learning based on Transfer Learning Techniques for Image Classification. 26th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, Bruges, April 25-27, 2018. (accepted).
- [17] FANUC Robot series R-30iB/R-30iB Mate CONTROLLER iRVision Inspection Application Operator's Manual