

## Proiect de C-D colaborativ [Servicii de inspectie de calitate produse]

### **Titlul : Servicii de inspectie vizuala cu camere liniare multiple pentru control de calitate integrat in sisteme de productie**

#### **I. Descriere Tehnica**

##### **1. Functii ale sistemului de inspectie vizuala cu camere liniare multiple**

Aplicatiile industriale in domeniul serviciilor ce vor putea fi deservite de acest tip de sistem de vedere artificiala prevazut cu una sau mai multe camere video liniare sunt grupate in doua categorii majore:

- Inspectie Vizuala Automata (Automated Visual Inspection - AVI);
- Vedere Artificiala Integrata (Integrated Artificial Vision – IAV), de exemplu in servicii de manipulare robotizata (Robot Vision - RV).

Sistemul de VA (de generatia a 5-a) cu camere video liniare va fi dezvoltat in cadrul proiectului pentru doua clase de aplicatii specifice structurilor flexibile de fabricatie (linii de transfer/asamblare, celule si sisteme flexibile, centre de prelucrare) si a serviciilor :

- **Controlul de calitate asistat** (CAQC – Computer Aided Quality Control), realizat prin AVI a trasaturilor geometrice si a starii suprafetelor pieselor, subansamblelor prelucrate/montate, reperelor, bunurilor de consum, plicurilor si coletelor postale, recipientilor si ambalajelor circulind pe sisteme de transport cu alimentare/descarcare automata sau manuala ;
- **Manipularea produselor si Optimizarea procesarii materialelor**, realizate prin AVI incorporata in taskuri IAV (RV), in sensul integrarii SVA cu utilaje de prelucrare/manipulare cu control numeric (masini unelte cu comenzi CNC, dispozitive de croire/decupare, utilaje specializate si roboti,

ambele vizand asigurarea calitatii produselor prin control interfazic, cat si relaxarea cerintelor rigide de organizare a transportului, manipularii si depozitarii materialelor si a procesarii materialelor.

Structura sistemului de vedere artificiala cu camere video liniare multiple, integrat in arhitecturi AVI –IAV, este prezentata in Fig. 1.

(1) Tipuri de aplicatii executabile : aplicatii de analiza, inspectie (masurare) si procesare on-line a obiectelor (materialelor). La nivelul robotului industrial, controlerului CNC sau dispozitivului de prelucrare specializat, partener al sistemului de vedere artificiala, aceste clase de aplicatii sunt denumite aplicatii de analiza in miscare si prindere pe conveior (“pick on the conveyor” sau “pick on the fly”).

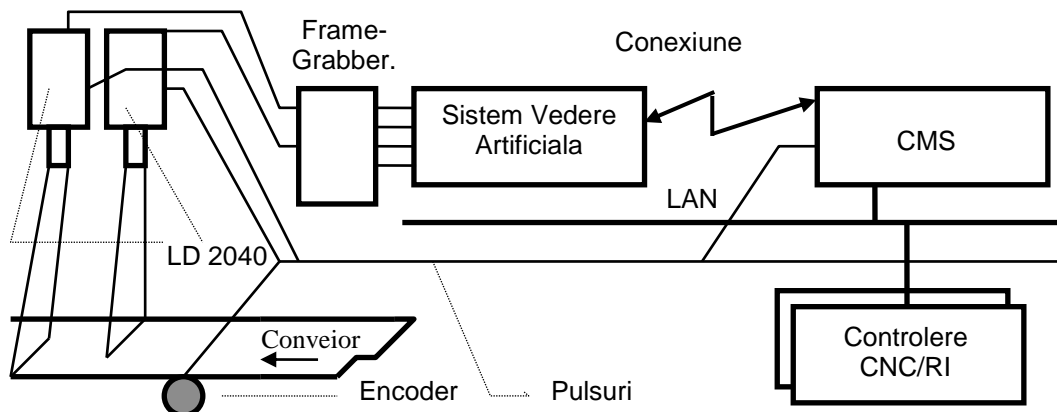


Fig. 1- Structura sistemului de VA cu camere video liniare, integrat in aplicatii IVA-IAV(RV)

## (2) Achizitia si constituirea imaginii :

- Achizitia imaginii se executa cu **camere digitale liniare**.
- Sistemul este de tip **multi-camera** (in exemplu sistemul este de tip **dual-camera DLC**). Adoptarea acestei solutii este determinata de cele 2 restrictii majore impuse foarte frecvent de aplicatia industrială:
  - Performante inalte impuse asupra *preciziei de inspectie*;
  - Posibilitatea existentei unui suport de transport de dimensiune foarte mare pe directia liniilor de achizitie a imaginii (*latime conveior*).
- Achizitia liniilor de imagine se executa cu o rata ce va fi calculata automat de sistem in functie de viteza de deplasare a suportului de transport (ex. conveior liniar) pe care circula obiectele supuse inspectiei.
- Pentru sincronizarea achizitiei liniilor de imagine cu viteza reala de deplasare a obiectelor pe conveior, se utilizeaza reactia de masura a deplasarii conveiorului obtinuta de la traductor incremental, convertita din format – tren de impulsuri in format paralel.
- Sunt prevazute 2 modalitati de realizare a achizitiei liniilor de imagine cu LSC :
  - LSC fixa si scena in miscare (cazul sistemelor de transport de tip conveior);
  - Scena fixa si LSC in miscare de translatie cu viteza uniforma (cazul dispozitivelor de procesare / manipulare de materiale si obiecte)
- Vor fi compensate software distorsiunile de valori mari in imagini ce apar pe directia senzorilor. Aceasta caracteristica este datorata in principal deschiderii mari a obiectivului camerelor LSC), si va avea implicatii puternice asupra nivelurilor de prelucrare a informatiilor de tip imagine:
  - Prelucrare de nivel inalt a imaginii (se vor aplica factori de corectie pentru ca formele – siluetele sunt reprezentate deformat in imaginea obtinuta);

- Localizare a obiectelor in sistemul de coordonate robot (se vor realiza compensari software in timp real astfel incit pozitia reala a obiectelor sa nu fie descrisa distorsionat de imaginea achizitionata).
- Imaginea completa a obiectului/obiectelor inspectate va fi obtinuta dupa :
  - achizitia unui numar de linii de imagine, sincron cu viteza de deplasare dintre suportul LSC si scena ce contine obiecte;
  - filtrarea, corectia si procesarea primara a fiecarei linii de imagine;
  - memorarea informatiei asociate imaginii monochrome in formatele “cu nivele de gri” si “alb-negru” pentru fiecare linie de imagine.

(3) Instrumente software de pre-procesare a imaginilor preluate de la LSC :

- *Filtre de zgomot* pentru imagini: indeparteaza zgomotele, granularitatile sau detaliile care nu sunt necesare dintr-o imagine; filtrele trebuie sa fie selectabile si configurabile de utilizator;
- *Luxmetru*: monitorizeaza cantitatea de lumina care este aplicata intr-o zona a imaginii; orice modificare a nivelului de luminozitate va determina in mod automat ajustarea pragurilor calibrului de linie.
- *Instrumente de localizare*: pentru a compensa variatiile de pozitie a obiectelor de la o inspectie curenta la cea urmatoare, instrumentul software de localizare va translata automat imaginea obiect (intr-o gama de translatie definita de utilizator) in directia liniei de scanare.

(4) Instrumente software de masura si numarare (*calibre* sau *line gages*) pentru orice linie de imagine achizitionata, configurabile de utilizator :

- *numara pixeli*: numara pixelii negri sau albi din calibrul de linie;
- *numara regiuni*: numara regiunile negre sau albe (siruri consecutive de pixeli albi sau negri) de-a lungul calibrului;
- *numara muchii*: numara tranzitiile alb-negru si negru-alb de-a lungul calibrului;
- *calculeaza media*: calculeaza valoarea nivelului de gri mediu al tuturor pixelilor de-a lungul calibrului;
- *localizeaza muchii*: muchia din dreapta/stinga a celei mai mari regiuni; muchia din dreapta/stinga a primei regiuni;
- *localizeaza centre*: al regiunii celei mai mari/mai din stinga/mai din dreapta, sau intre regiunea din dreapta si din stinga;
- *masoara latimi*: ale regiunii celei mai mari/mai din stinga/mai din dreapta sau intre prima si ultima regiune (intre centrele acestor regiuni);
- *functie DIF*: calculeaza diferenta dintre rezultatele a doua calibre de linie.

Fiecare instrument software de tip *calibru de linie* returneaza o valoare la sfirsitul ciclului de inspectie; aceasta valoare este specifica pentru functia de analiza vizuala care a fost executata.

Un numar important de trasaturi pentru obiecte vor fi definite prin seturi de valori predefinite ca *limite superioare* respectiv *inferioare* pentru fiecare calibru de inspectie. Daca aceste valori limita sunt depasite de valoarea curent calculata a unei trasaturi – obiect, o iesire este imediat declansata si procedura de inspectie este considerata esuata.

(5) Functii de organizare si exploatare a informatiei vizuale :

Relativ la procedurile de inspectie, vor fi create moduri de tip “mentine-daca-respins” (“*freeze-on-reject*”), pentru a permite programului utilizator analiza in timp real a imaginii unui obiect respins ca necorespunzator. Sistemul va mentine in mod automat pe ecranul terminalului utilizator imaginea inghetata a obiectului respins, in timp ce continua procesul de inspectie; de asemenea, rezultatele inspectiei pentru obiectul rejectat sunt salvate.

Pentru a creste flexibilitatea taskurilor de inspectie AVI-IAV, vor fi implementate functii speciale de gestiune a informatiei vizuale si de exploatare a rezultatelor procesarii acestora :

- *Moduri de triggerare multiple* pentru achizitia imaginilor;
- *Setari de marire (lupa, zoom)* pentru vizualizarea unui segment din linia de imagine;
- *Linii de iesire configurabile* pentru transmitia rezultatelor inspectiei;
- *Memorii EEPROM nevolatile* pentru salvarea configurarilor;
- *Port RS-232* pentru comunicatia seriala cu calculatorul gazda al partenerului de aplicatie: controler robot, automat programabil, calculator al statiei CAM.

#### (6) Relatia dintre componentele de sistem:

- ❑ Sistemul de automatizare poate functiona ca un sistem de tip **multi-partener de aplicatie**, de ex. de tip multi-robot (controler CNC de masina unalta, controler de robot industrial sau automat programabil pentru dispozitive de tip macaz, trapa, etc). Aceasta este o caracteristica impusa de aplicatia industriala din considerente de tip:
  - *Anvelopa robotului industrial* in relatie cu *latimea conveiorului*;
  - *Frecventa de aparitie a obiectelor de paletizat* in relatie cu *dimensiunea in timp a ciclului de paletizare obiect*.
- ❑ Materialele sau obiectele sunt introduse in scena de catre suportul de transport (conveiorul), fiind produse de o componenta a sectiunii *din amonte* a procesului tehnic monitorizat cu SVA (proces industrial sau serviciu) ; pentru cazul LSC mobile, nu este relevanta introducerea, respectiv extragerea materialelor si a obiectelor din scena fixa;
- ❑ Extragerea obiectelor din scena se face de catre un numar de parteneri industriali situati in sectiunea *din aval* a procesului tehnic, dupa ce acestea au fost analizate. Modulul CMS al sistemului va poseda un *canal de comunicatie dedicat SVA* ;
- ❑ Componenta **CMS (Central Management System)** - *Sistemul de conducere si control* a sistemului de automatizare primeste date referitoare atat asupra rezultatelor analizei materialului cat si asupra deciziei de tip valid / invalid a fiecarui obiect de la sistemul de vedere artificiala. Sistemul de conducere si control este responsabil cu distributia sarcinilor de prindere sau procesare din cadrul sistemului integrat in aplicatii IVA-IAV;
- ❑ Comunicatia intre componente la nivelul sistemului flexibil de fabricatie (al serviciului) are ca suport o *retea locala de comunicatie (LAN)*.

#### (7) Setul de specificatii pentru configurarea SVA :

A fost pus in evidenta un **set de specificatii** care au o mare determinanta asupra solutiei adoptate pentru structura de automatizare dotata cu un sistem de vedere artificiala dedicat scenelor mobile. Acest set de specificatii determinante este partajat in trei sectiuni:

##### 1. **Setul de specificatii ale aplicatiei**

- ❑ *Latimea conveiorului / a scenei fixe* : max. 400 cm.

- ❑ *Viteza conveiorului* (de deplasare a obiectelor): 50 ... 150 cm/sec.
- ❑ *Ordinele (clasele de obiecte)*: definite de utilizator.
- ❑ *Date a priori asupra formelor obiectelor*: rectangulare. Alte optiuni vor fi considerate pe clase de aplicatii.
- ❑ *Precizia SVA*: max. 2 mm pentru linii de vedere de 400 cm, respectiv max. 1 mm pentru linii de vedere de 200 cm.
- ❑ *Timpul de raspuns* (timpul maxim disponibil pentru procesarea datelor in SVA): 1.0 sec
- ❑ *Numarul maxim de obiecte situate simultan in imagine*: 6
- ❑ *Clase de defecte* pe care trebuie sa le recunoasca SVA pe obiecte segmentate, ale caror contururi extern si interne au fost analizate:
  - *Fisuri si zone lipsa* in obiect;
  - *Materiale/obiecte marcate cu semne indicatoare de defect intern* (marcaje aplicate manual in cadrul unui compartiment al procesului industrial situat in amonte);
  - *Discontinuitati de directie de contur* pe contururile atomice ale obiectului (mai mari de 2 mm/respectiv 1 mm). Contururi atomice care compun muchiile obiectului: segmente de dreapta si arce de cerc;
  - *Zone avind nuante de gri intre limite specificate.*
- ❑ *Aberatii ale colturilor*: mai mari de 2mm/respectiv 1mm

## 2. Setul de specificatii ale suportului de procesare

- ❑ *Unitate de procesare tip calculator specializat IBM PC*: procesor min. 2GHz, 4GB RAM, 4000 GB HDD, SVGA, video board IBM. *Comunicatie* : LAN adapter
- ❑ *Modul de achizitie imagini*: Frame Grabber cu Intrari/Iesiri numerice
- ❑ *Numar si caracteristici camere liniare*: 2 x LSC avind rezolutia de min. 2048 (sau 4096) x 1 pixeli
- ❑ *Modul de interfata cu traductorul incremental de deplasare* a conveiorului : intrare seriala de la traductor, conversie serie/paralel, compensare a variatiilor de viteza la motorul de antrenare a conveiorului, 4 I/E digitale
- ❑ *Mediul de executie a aplicatiilor*: mediu de tip multi-aplicatie – Windows

## 3. Setul de specificatii functionale

- ❑ *Definirea configuratiei*
- ❑ *Definirea modulelor hardware de achizitie a imaginilor*
- ❑ *Prescrierea valorilor parametrilor de configurare pentru sistemul de iluminare*
- ❑ *Calibrarea camera – partener de aplicatie* (ex. camera – robot): evalueaza parametrii de transformare a coordonatelor imagine in coordonate de referinta (ale lumii reale).

Aceasta este echivalent cu determinarea transformarii relative intre sistemul de coordonate asociat cimpului vizual si sistemul de referinta al partenerului de aplicatie.

- *Achizitia si procesarea imaginilor*
  - Identificarea tipului de obiect (ordinul);
  - Recunoasterea tipurilor de defecte ale obiectului;
  - Localizarea obiectului (calculul pozitiei si orientarii obiectului).
  
- *Comunicatia CMS – SVA*
  - Colectarea datelor necesare ce trebuie transferate catre CMS;
  - Transferul pachetelor de date catre CMS utilizind canalul de comunicatie LAN;
  - Colectarea pachetelor de date receptionate de la CMS;
  - Distribuirea datelor primite de la CMS celorlalte procese din sistemul de VA
  
- *Cunoasterea asmplasarii (locatiei obiectului):* se integreaza datele furnizate de encoderul mijlocului de transport (ca pozitie a obiectului fata de sistemul de coordonate camera) in datele furnizate de activitatea de procesare a imaginilor (ca pozitie a centrului de masa si a orientarii axei de inertie minima in cadrul “corpului” obiectului)
  
- *Interfata utilizator*
  - Interfata utilizator pentru Configurare
  - Interfata utilizator pentru Calibrare
  - Interfata utilizator pentru Testarea validitatii sistemului
  - Interfata utilizator pentru monitorizarea achizitiei si prelucrarii imaginilor
  
- *Testarea validitatii sistemului:* testeaza capacitatea de functionare a SVA dupa o operatie de Configurare sau/si de Calibrare

(8) Procesarea de nivel inalt a imaginii :

- Formatul imaginii : matricial, obtinut dupa achizitia si filtrarea linie cu linie a semnalului LSC ( $n$  linii de imagine LSC constituie imaginea matriciala *globala*)
  
- Predicatele de linie fiind aplicate tuturor celor  $n$  linii LSC, imaginea globala este deja segmentata.
  
- Metode de inspectie vizuala ce vor fi folosite:
  - *AVI bazata pe modele* (prototipuri),
  - *AVI bazata pe reguli*.

Aceste tipuri de prelucrari inteligente sunt bazate pe un set de instrumente software, definite ca “**predicate de masurare**” sau “**vision tools**” (“*rulers*”, “*finders*”, “*windows region of interest*”).

- Functii de nivel inalt pentru optimizarea procesarii materialelor inspectate cu LSC :
  - Generarea de contururi interne si extern translatate uniform catre interiorul imaginii globale, cu deplasamente configurabile software, si obtinerea astfel a unei imagini reduce, “decupate” din imaginea globala originala obtinuta linie cu linie de la LSC multiple (max : 4) ;
  - Definirea si marcarea de zone de interes dreptunghiulare, de tip disc, sector sau inel circular pe imaginea globala originala sau decupata ;
  - Definirea de modele (*pattern*) de imagini LSC globale binarizate, ca obiecte ;
  - Scalarea, rotirea, translatarea obiectelor de tip pattern ;

- Acoperirea optima cu modele a unei imagini globale sau decupate.

## 2. Analiza de Fezabilitate pentru clase de aplicatii SLC (*Single Line Camera*) si DLC (*Dual Line Camera*) in servicii de inspectie de calitate

### 2.1. Sisteme SLC pentru masurare dimensionala cu instrumente de tip line gage

Masuratori dimensionale de precizie sunt cerute in aproape toate industriile; adesea, rezultatele acestor masuratori sunt utilizate pentru a controla si modifica desfasurarea proceselor de procesare a materialelor. Aplicatii tipice sunt:

- Masurarea materialelor obtinute prin extrudare
- Verificarea dimensionala a matritelor
- Detectarea uzurii sculelor;
- Masurarea dimensiunilor bustenilor si a cherestelei
- Masurarea pieselor forjate

De exemplu, in procesul de extrudare a sticlei, sistemele de vedere artificiala cu camere liniare masoara grosimea fibrei de sticla pentru a verifica incadrarea in tolerantele admisibile. In fig. 2 este reprezentat un astfel de sistem de masura; pe linia de productie, o aceeaasi masina produce bare de sticla de diametre diferite. In functie de tipul de bara fabricata, diametrul variaza intre 0.5 in (1.27 cm) si 4 in (10.16 cm), cu o toleranta de  $\pm 0.015$  in ( $\pm 0.04$  cm).

Se doreste verificarea grosimii barelor de sticla extrudate la fiecare 12 in (30.48 cm), iar barele se deplaseaza cu o viteza de 120 in/sec (304.8 cm/sec).

Specificatiile tehnico-functionale ale acestui sistem SLC impun:

- **Determinarea Liniei-de-Vedere.** Camera liniara trebuie sa fie montata astfel incit sa vizualizeze bara de sticla de diametrul cel mai mare. Daca camera este prea aproape de fibra de sticla, muchiile barei de diametru 4 in (10.16 cm) nu vor fi vizibile. La limita minima, linia-de-vedere trebuie sa aiba o lungime de 4 inch + 25%, adica de  $4 + 0.25 * 4 = 5$  in (12.7 cm).

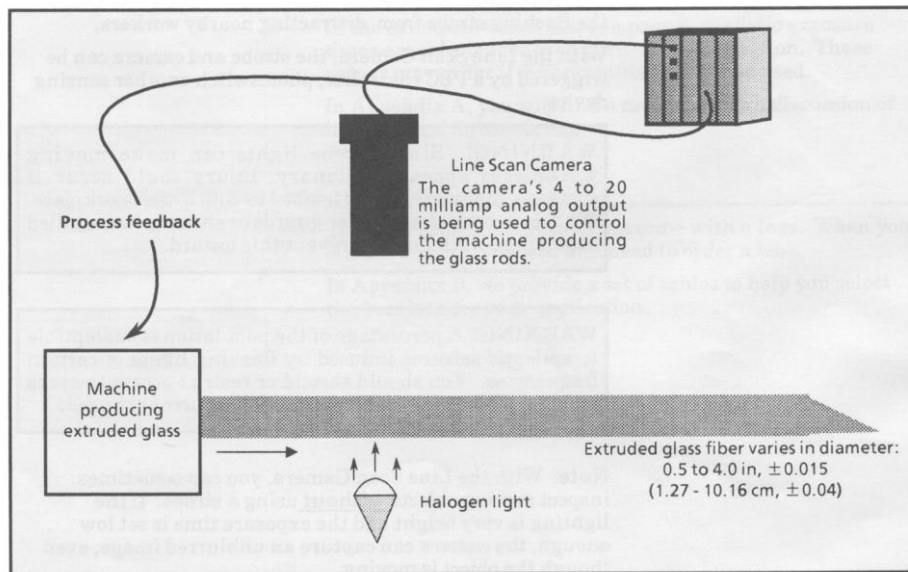


Fig. 2-Sistem SLC pentru masurarea diametrelor barelor de sticla extrudata.

- **Definirea unei Muchii.** Deoarece barele de sticla vor fi luminate foarte bine in diascopie cu ajutorul unei lampi cu halogen, 3 pixeli sunt suficieni pentru definirea muchiilor.
- **Determinarea Preciziei.** Ecuatia urmatoare determina precizia sistemului care utilizeaza muchii de 3 pixeli pentru o camera liniara de rezolutie 2048 pixeli :

$$(\text{linia-de-vedere}) / 683 = 0.0073 \text{ in } (0.02 \text{ cm})$$

- **Determinarea Ratei de Inspecție.** Pentru a determina durata de timp necesara ca sistemul SLC sa realizeze o inspectie, trebuie aditionati timpii urmasori :

Tabelul 1. Timpul de inspectie a grosimii barelor de sticla

Semnificatia	Valoarea [msec]
Timp de transfer	2.0
Depasiri diverse	1.5
Timp de expunere *	19.0
Inspecție: se utilizeaza 1 calibru ( <i>gage</i> ) **	27.3
Iesire analogica	0.5
TOTAL	50.3
* Depinde de stralucirea luminii	
** Trebuie calculat. Deoarece se utilizeaza 1 calibru: (2048 / 75 pixeli) * 1 ms * 1 calibru = 27.3 ms	

Fabricantul doreste ca barele de sticla sa fie inspectate la fiecare 12 in (30.48 cm), iar barele se deplaseaza cu viteza de 120 in/min (304.8 cm/min). La 50.3 ms / ciclu de inspectie, o scanare a diametrului va avea loc la fiecare 6.06 in (15.39 cm), mult acoperitor fata de cerinta de scanare la fiecare 12 in (30.48 cm ) de lungime de bara.

Daca e necesara cresterea ratei de inspectie, timpul de expunere poate fi scazut; o lumina adecvata trebuie insa asigurata atunci cind timpul de expunere este micorat. Oricum, pentru timingul specificat in Tabelul 1, viteza de deplasare a barelor de sticla poate fi crescuta de aproximativ doua ori : 237.66 in/min (603.6 cm/min).

Semnalul analogic de iesire al SVA va fi transmis unui modul de intrare analogica (de ex. modulul 1771-IFE pentru a asigura controlul in bucla inchisa al masinii de extrudere).

## 2.2. Sisteme DLC pentru detectarea defectelor de tip *zgaritura* pe suprafetele geamurilor de sticla flotata

Aplicatia consta in utilizarea unui sistem dual *Line Scan Camera* – DLC care sa permita detectarea defectelor de tip *zgaritura* pe ambele suprafete ale foilor de sticla flotata. *Zgarieturile* pot avea orice forma, orientare si localizare pe sticla flotata ; lungimea minima impusa pentru inspectia defectelor este de 1 mm, iar grosimea minima impusa este de 0.1 mm.

Trebuie inspectate geamuri din sticla flotata avind o latime maxima de 1.4 m, si grosimi cuprinse intre 2 mm si 20 mm. Odata detectate defecte de acest tip, sistemul DLC ia decizia de acceptare/rejectare a foii de geam inspectate si transmite catre unul din 2 controlere robot – parteneri de aplicatie informatia privind localizarea si orientarea foii de geam, pentru ca aceasta sa poate fi prinsa si manipulata de unul dintre roboti.



Studiul de fezabilitate efectuat pentru aceasta categorie de aplicatii – reprezentative pentru produsele din geam flotat din industria automobilului (parbrize auto) – a condus la adoptarea unei scheme de iluminare si observare similara cu aceea folosita in microscopia “*in cimp intunecat*”. In fig. 3 este redata aceasta scema de iluminare si observare.

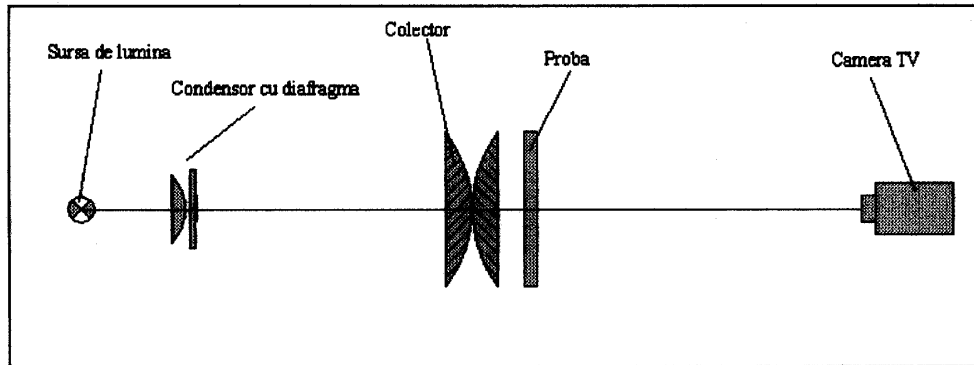


Fig.3 – Schema de iluminare si observare *in cimp intunecat* a defectelor de tip zgirietura pe geam flotat

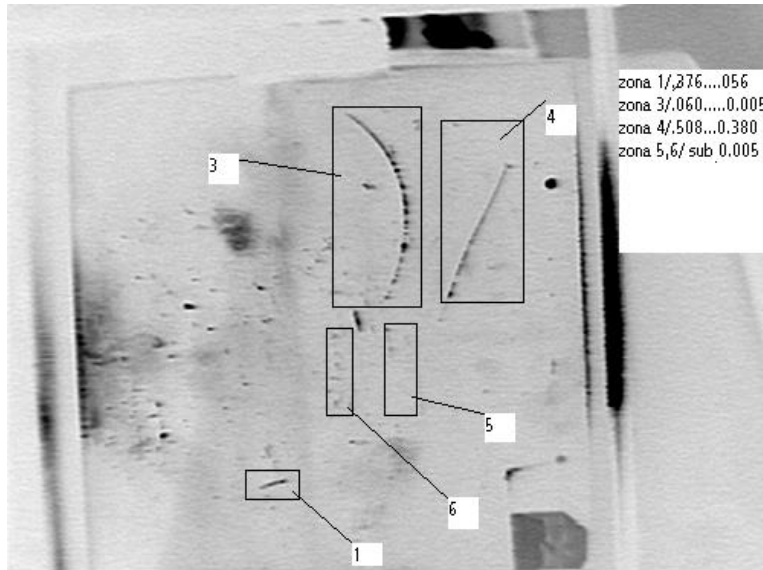
Aceasta solutie trebuie adoptata pentru a asigura separatia radiatiei difuzate de defect de aceea care este transmisa in mod normal. Trebuie indeplinite conditiile urmatoare:

- o iluminare sub un unghi solid cat mai mare;
- o observare a radiatiei difuzate sub un unghi solid cat mai mare;
- directiile de iluminare si de observare sa nu coincidă.

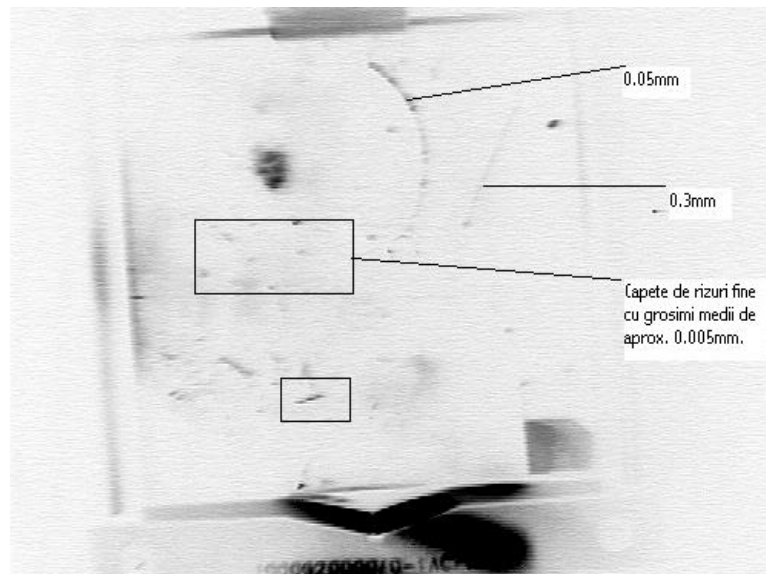
In Fig. 4 a si 5 a se prezinta doua mostre de geam flotat avind respectiv zgirieturi liniare si aglomerari de zgirieturi liniare si de tip “ciupitura”, iar in seturile de fig. 4 b,c si 5 b,c sunt prezentate etape ale pre-procesarii acestor imagini.



a. mostra de geam flotat cu zgirieturi liniare



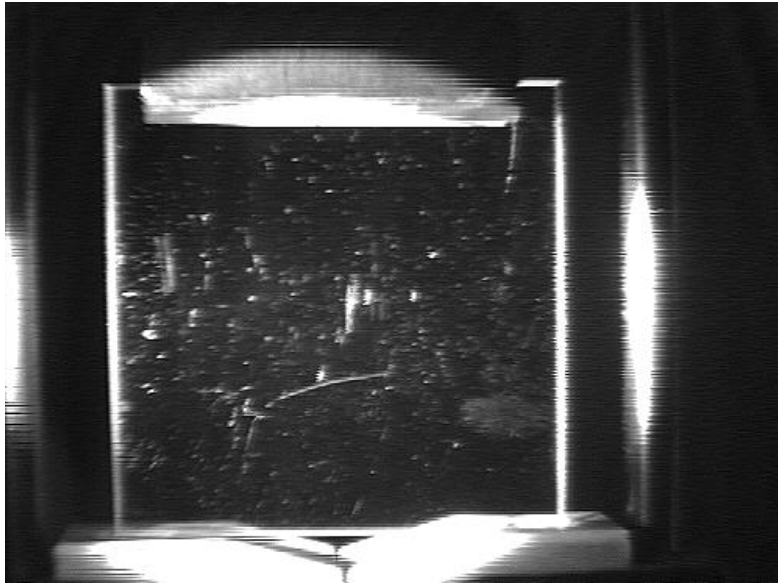
b. filtrare pentru evidentierea zgarieturilor liniare



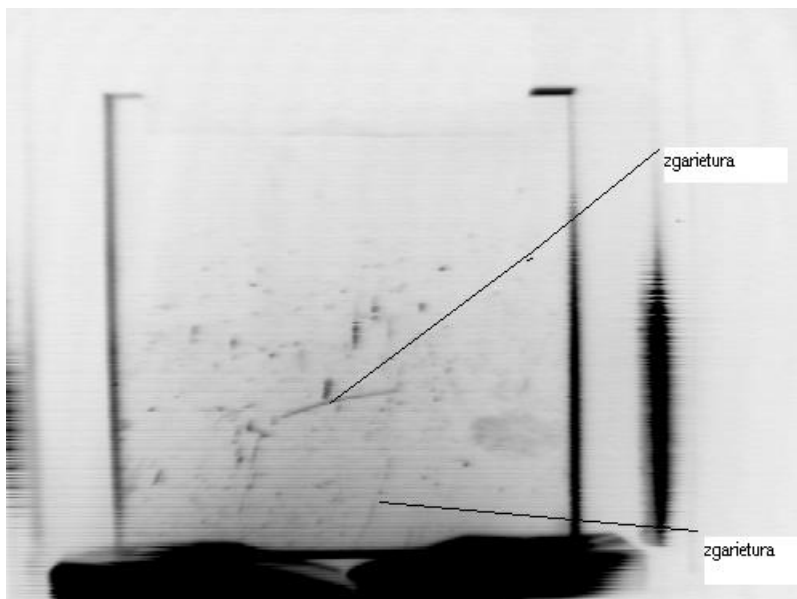
c. filtrare pentru o evidentierea capetelor de rizuri fine pe suprafata de geam

Fig. 4. - Observarea in cimp intunecat a zgarieturilor liniare pe suprafete de geam flotat

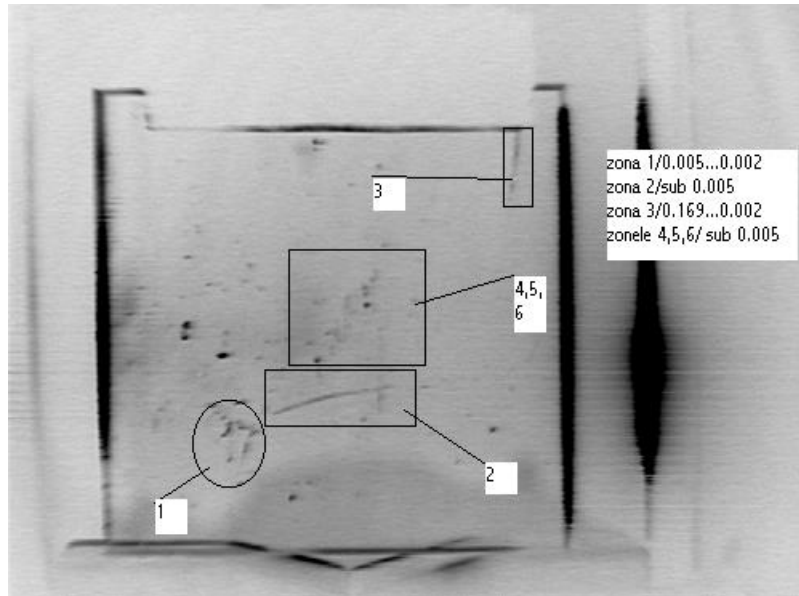
Tehnica de iluminare si observare a defectelor pe suprafete de geam flotat permite analiza zgarieturilor avind grosimi minime intre 0.03 mm si 0.5 mm.



a. mostra de geam flotat cu aglomerari de zgarieturi liniare si in forma de ciupitura



b. filtrare pentru evidentiarea zgarieturilor in zone de aglomerari de defecte



c. filtrare pentru evidentierea ciupiturilor in zone de aglomerari de defecte

Fig. 5. - Observarea in cimp intunecat a zgirieturilor liniare si de tip ciupitura in zone de aglomerari de defecte pe suprafete de geam flotat

Pentru a acoperi intreaga suprafata a foilor de geam de latime 1.4 m, se utilizeaza un sistem Dual Line Scan Camera – DLC, cu 2 camere video liniare de rezolutie 4 096 pixeli si o singura placa *frame grabber* de achizitie si pre-procesare a imaginilor; probleme tehnice mai deosebite apar in constructia colectorului, in raport cu care studiul de fezabilitate evidentiaza urmatoarele doua solutii :

- Constructia unui *colector de dimensiune standard* pentru observarea unei zone de scena de latime 50 cm, si multiplicarea cu 3 a elementelor de tip lentila Fresnel
- Constructia unui *colector de dimensiune extinsa*, cu elemente de lentila Fresnel dispuse in linie unica, pentru observarea directa a intregii zone de scena de latime 140 cm; in acest caz, conditiile de iluminare trebuie sa fie superioare primei solutii.

### 2.3. Sisteme DLC pentru detectarea defectelor de contur in foile de geam flotat

Acest tip de sisteme sunt identice din punct de vedere constructiv cu cele pentru detectarea zgirieturilor pe suprafetele foii de geam, cu exceptia faptului ca sistemul de iluminare si de observare a scenei mobile se simplifica : principiul de iluminare este cel al diascopiei (*backlighting*), mult mai usor si ieftin de implementat decat cel al “cimpului intunecat”.

Fig. 6 prezinta structura sistemului dual de achizitie de imagini, in care camerele liniare dispuse aproximativ colinear pe directia de inaintare a scenei au cimpurile vizuale suprapuse cu cca 15% din dimensiunea fiecaruia.

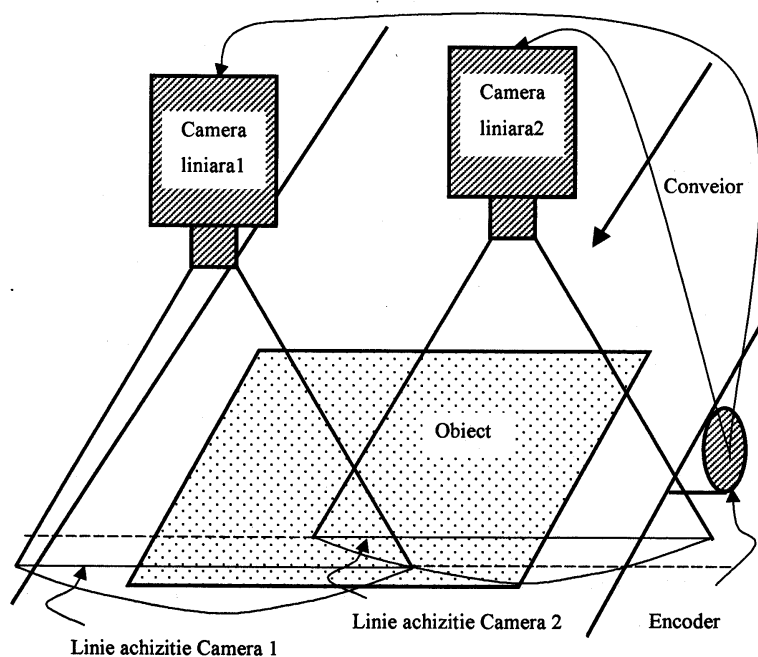


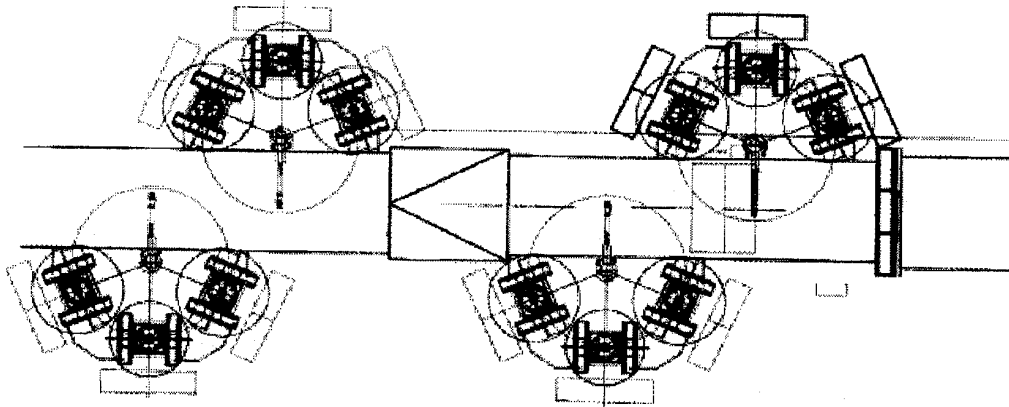
Fig. 6 – Structura sistemului de achizitie de imagini cu suprapunerea liniilor-de-vedere

Sistemul de vedere artificiala recunoaste urmatoarele tipuri de defecte:

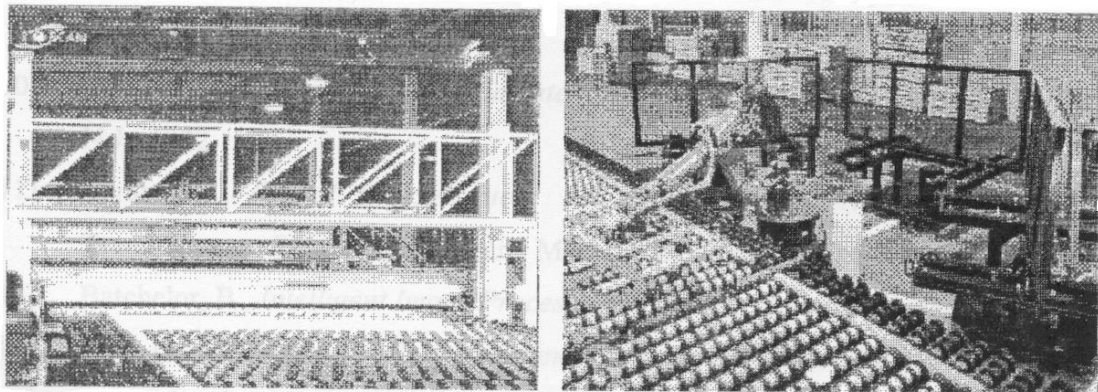
- semnele indicatoare de defect intern (in masa geamului flotat), care reprezinta marcaje aplicate manual in posturi asle liniei de productie situate in amonte fata de postul de inspectie DLC;
- fisuri si zone lipsa in foile de geam;
- discontinuitati pe muchiile geamului mai mari de 2 mm;
- aberatii ale colturilor obiectului mai mari decit 2 mm.

Obiectele inspectate au forma exclusiv rectangulara si grosimi intre 2 mm si 20 mm.

In fig. 7 este prezentat, in doua perspective, sistemul de vedere artificiala tip DLC integrat intr-o aplicatie de tip IAV (RV) cu roboti de tip Kuka in linia de productie.



a. diagrama de amplasare a robotilor Kuka pentru sistemul DLC integrat



b. doua perspective ale sistemului de inspecție vizuala integrat in linia de productie multi-robot

Fig. 7 – Sistem DLC pentru detectia vizuala a defectelor de contur la geamuri flotante

Aplicatia este de tip :

- Inspectie a starii de marcaj/defecte pe geam, a fisurilor si a zonelor lipsa din foaia de geam ;
- Masurarea geometriei conturului, detectarea discontinuitatilor si a aberatiilor colturilor;
- Localizare a foilor de geam pe linia de productie (pozitie-orientare) si transferul acestor date catre robotii-parteneri de aplicatie.

In functie de rezultatul masuratorilor efectuate si al comparatiilor cu valorile limita de defecte acceptate, sistemul DLC ia decizii privind manipularea ulterioara de catre roboti a foilor de geam inspectate.

#### 2.4. Sisteme SLC pentru prelucrari robotizate in industria incaltamintei

Aceste tipuri de sisteme SLC scaneaza intr-o prima faza a procesului de fabricatie, cu ajutorul unei camere video liniare – LSC, suprafata talpii calapodului care este montat pe o paleta transportoare si deplasat cu viteza uniforma pe un dispozitiv de transport avind asctionare

reglabila. Suportul ce sustine calapodul este prevazut cu un chip inteligent in memoria caruia este stocata informatia referitoare la respectivul pantof (model, referinta, marimea - numarul, pozitia in pereche – stingul sau dreptul).

#### Modul de digitizare

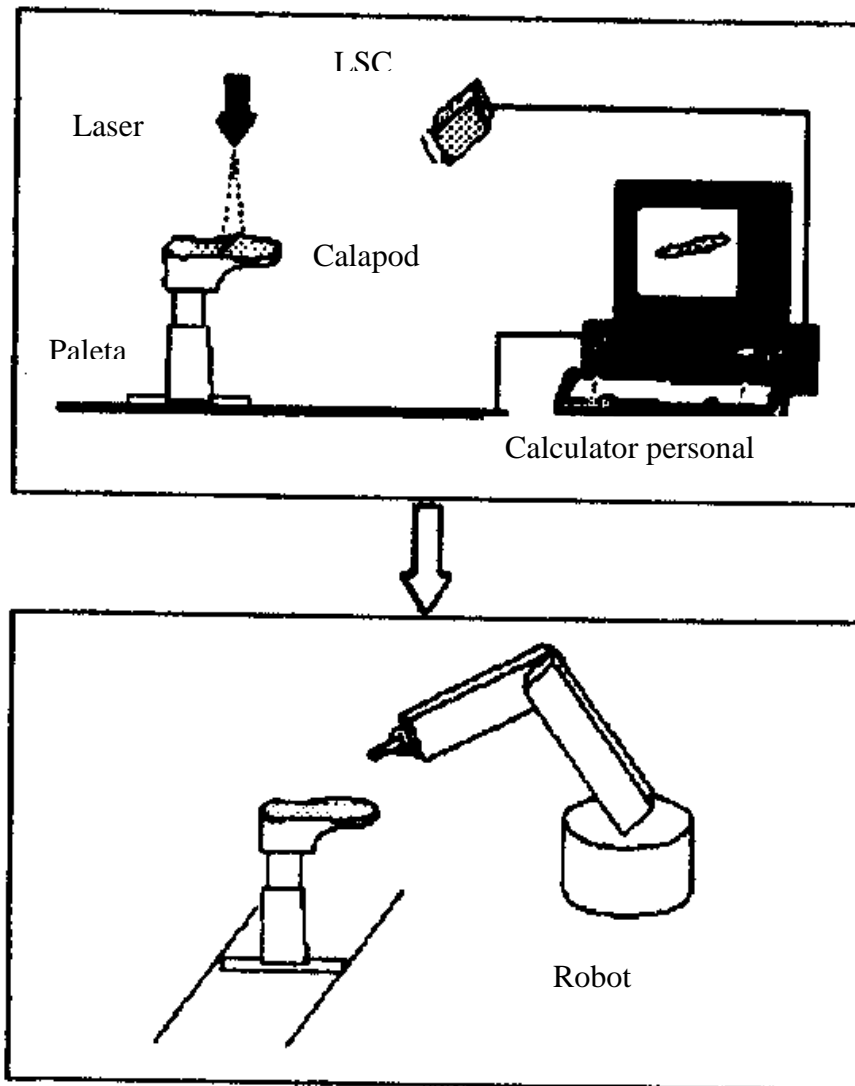


Fig. 8 - Digitizarea talpilor de incaltamionte (suprafata, contur) si generarea traiectoriilor robot.

In felul acesta, orice calapod care intra pe linia de productie va avea asociate *informatiile de identificare a tipului de incaltaminte* cu *imaginea digitizata a talpii* (suprafata digitizata cu LSC si conturul extras prin filtrare), din care va produce informatia de referinta de miscare – adica traiectoria ce va fi comandata robotului ce poate realiza in fazele urmatoare de productie:

- decuparea talpilor din suprafata de piele utilizata, cu minimizarea pierderilor de material;
- slefuirea, raziura sau impregnarea suprafetelor de talpa;
- aplicarea unui cordon de adeziv pe conturul talpilor si lipirea lor de partea superioara a incaltamintei

In fig. 9 sunt prezentate modelele digizate ale unei suprafete de talpa de incaltaminte (solid si de tip mesh).

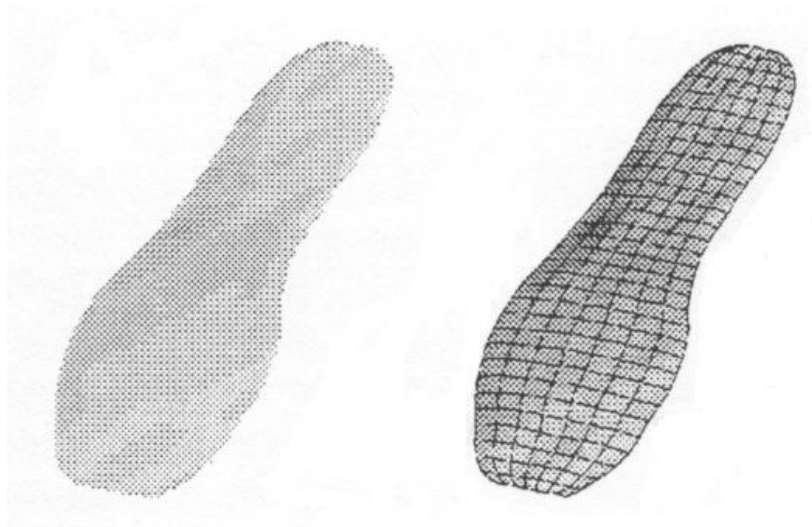


Fig. 9 - Modele de suprafata de talpa scanate cu LSC si digizate.

Flexibilitatea metodei si a sistemului de fabricatie consta in posibilitatea generarii automate a tuturor numerelor modelului de pantof specificat in chip, pentru toate pozitiile din pereche – stingul si dreptul, numai pe baza informatiei obtinute prin scanarea si digitizarea unei singure suprafete de talpa si a conturului ei.

Aceasta multiplicare de date – si in consecinta de traiectorii robot este realizata prin operatii de *scalare* si de *oglinzire* realizate de sistemul de vedere artificiala in etapa de prelucrare de nivel inalt a imaginii unice scanate cu LSC.

Procedurile de scanare si digitizare dureaza intre 0.5 min si 1 min la o precizie de 0.5 mm, iar scalarea, oglindirea si generarea traiectoriei robot corespunzatoare este realizata in mai putin de 0.5 min pentru intreaga gama de numere ale unui model. Toate aceste date indica valentele economice ale metodei de generare a bazei de date pentru fabricatie si ale procedurii robotizate de fabricatie descrise.

### **2.5. Sisteme SLC de inspectie : a etichetelor pe colete de mesagerie, a pozitiei si a orientarii plicurilor postale**

Inspectia articolelor de mesagerie :

- colete postale;
- plicuri postale,

se bazeaza pe principiile detectarii prezentei sau absentei, respectiv al calculului pozitiei si orientarii. Verificari de prezenta/absenta si pozitionare sunt tipice pentru :

- inspectia amplasamentului si a calitatii etichetelor;
- inspectia bulelor de aer pe suprafetele ambalajelor dupa operatiile de impachetare;
- inspectia pozitiei si orientarii etichetelor, timbrelor;
- numararea produselor de mesagerie : colete, plicuri postale.



In Fig. 10 este analizat un sistem SLC cu camera video liniara, capabil sa detecteze cutii de carton pe care etichetele au fost aplicate in mod eronat (detectia absentei, a starii deteriorate sau a amplasamentului gresit al etichetelor).

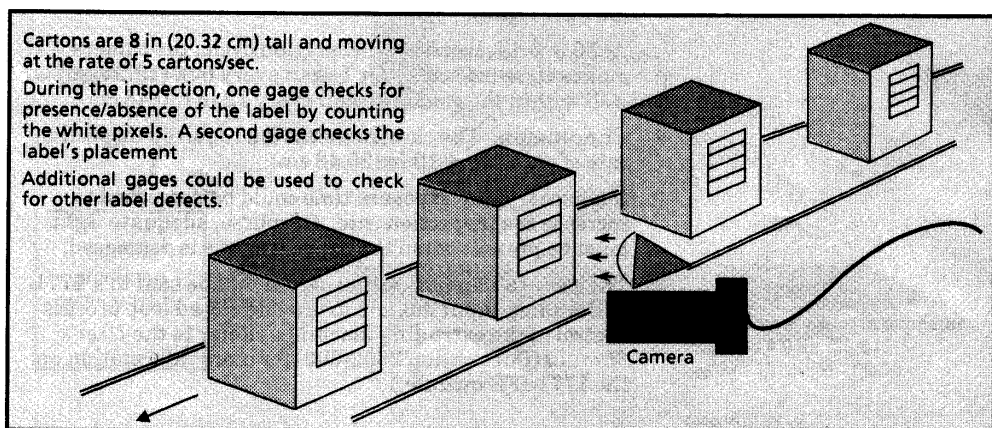


Fig. 10 - Sistem SLC pentru inspectia etichetelor pe colete postale

Din punct de vedere tehnic, se urmareste inspectia coletelor postale din carton de culoare maron pentru verificarea prezentei si a pozitionarii corecte a etichetelor de culoare alba. Etichetele trebuie sa fi fost amplasate la  $2 \pm 0.05$  in ( $5.08 \pm 0.127$  cm) fata de partea superioara a coletelor care au inaltimea de 8 in (20.32 cm).

Cind un colet a ajuns in pozitie frontala fata de camera liniara, un dispozitiv fotoelectric de tip *switch* (semnal de iesire binar) ii detecteaza prezenta. Acest dispozitiv declanseaza inspectia (initiaza achizitia succesiva de linii de imagine la LSC). In functie de rezultatul inspectiei, coletul isi va continua deplasaarea catre zona de expeditie, sau va fi rerutat catre zona de refacere a etichetarii. Linia cu colete are o miscare liniara uniforma cu viteza de 5 colete pe secunda.

Specificatiile tehnico-functionale ale acestui sistem SLC impun:

- **Determinarea Liniei-de-Vedere.** Pentru a vizualiza intreaga fata de 8 in (20.32 cm) a coletului, camera liniara trebuie sa fie montata astfel incit Linia-de-Vedere sa aiba lungimea de 10 in (25.40 cm).
- **Definirea unei Muchii.** Deoarece coletele vor fi luminate frontal, 5 pixeli sunt necesari pentru definirea unei muchii.
- **Determinarea Preciziei.** Ecuatia urmatoare determina precizia sistemului care utilizeaza muchii de 5 pixeli pentru o camera liniara de rezolutie 2048 pixeli :

$$(\text{linia-de-vedere}) / 410 = 0.024 \text{ in } (0.06 \text{ cm})$$

Eticheta trebuie pozitionata la  $2 \pm 0.05$  in ( $5.08 \pm 0.127$  cm) fata de partea superioara a coletului si deci precizia necesara este 0.05 in ( $\pm 0.127$  cm). Precizie reala de 0.024 in (0.06 cm) a sistemului este asadar acoperitoare fata de cerinte.

- **Determinarea Ratei de Inspectie.** Pentru a determina durata de timp necesara ca sistemul SLC sa realizeze o inspectie, trebuie aditionati timpii urmatiori :

Tabelul 2. Timpul de inspectie a etichetelor pe colete

Semnificatia	Valoarea [msec]
Timp de transfer	2.0
Depasiri diverse	1.5
Timp de expunere *	30.0
Inspectie: se utilizeaza 2 calibre ( <i>gages</i> ) **	54.6
TOTAL	88.1
* Depinde de stralucirea luminii	
** Trebuie calculat. Se utilizeaza 2 calibre : unul pentru a verifica prezenta/absenta etichetei si celalalt pentru a masura pozitionarea corecta a etichetei. De aceea : (2048 / 75 pixeli) * 1 ms * 2 calibre = 54.6 ms	

La 88.1 ms per ciclu de inspectie, camera liniara realizeaza 11 scanari / secunda. Deoarece coletele se deplaseaza cu rata de 5 colete / secunda, rata de inspectia este mai mult decit adecvata.

- **Comenzi Discrete de Iesire.** Una dintre iesirile binare va devia coletele cu etichete amplasate necorespunzator catre o zona de operatii de corectie, in timp ce cealalta iesire binara va devia coletele fara etichete sau cu etichete deteriorate catre o a doua zona de refacere. Aceste iesiri binare nu introduc timpi aditionali in ciclul global de inspectie.

## 2.6. Sisteme SLC pentru verificarea (sub)ansamblelor

Verificarea operatiilor de asamblare este fezabila cu sisteme SLC prevazute cu camera liniara. Daca LSC inspecteaza fiecare reper, atunci reperatele defecte sunt localizate *inainte* de a fi adaugate unui montaj, sau ambalate si expediate unui client. Astfel, in prezent se considera ca, cu o inspectie 100% a fiecarui reper, se reduc drastic costurile de productie, de re-executie si de reparatii, care altfel nu ar fi detectate.

Urmatoarele reprezinta aplicatii tipice in acest sens :

- Verificarea dezizolarii corecte a conductorilor;
- Verificarea asamblarii cablurilor;
- Verificarea amplasarii etichetelor;
- Inspectia dupa asamblari pe masini specializate;
- Inspectia modului de legare a cartilor.

Fig. 11 prezinta un sistem SLC pentru inspectia capetelor de bujii pentru a verifica *prezenta electrozilor* si *distanța de formare a scintei* între 0.030 si 0.040 in (0.076 – 0.10 cm). Bujiiile sunt fixate in locasuri pe sistemul de transport (conveior) distantate cu 1 in (2.54 cm) între ele, si se deplaseaza cu o viteza de 80 bujii / min.

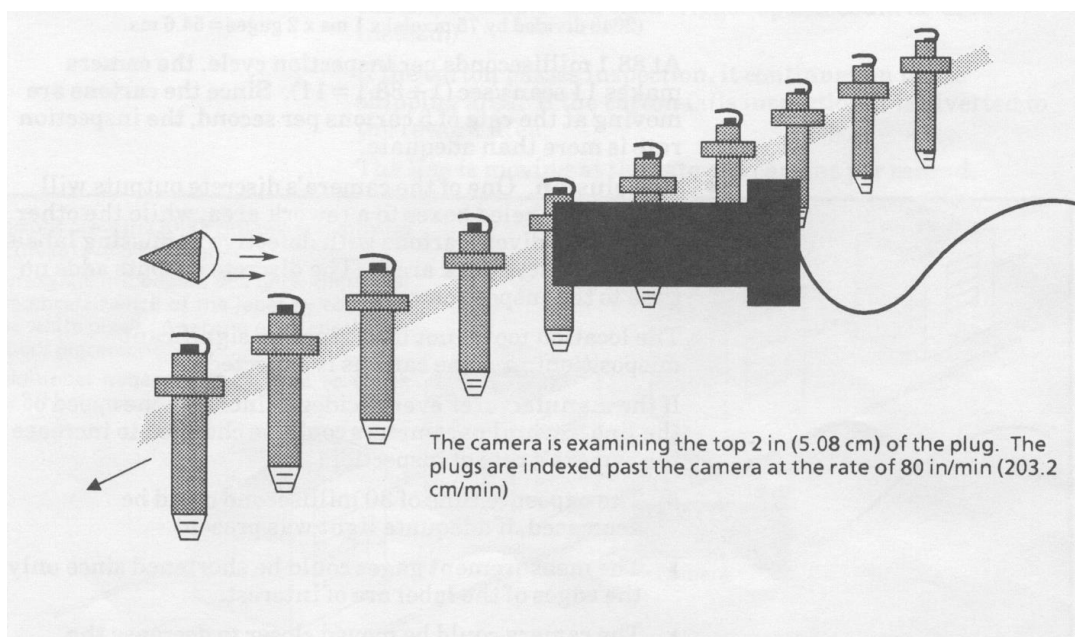


Fig. 11 - Inspectia capetelor de bujii cu un sistem Line Scan Camera.

Specificatiile tehnico-functionale ale acestui sistem SLC impun:

- **Determinarea Liniei-de-Vedere.** Pentru a vizualiza partea superioara de  $1 \pm 0.5$  in ( $2.54 \pm 0.127$  cm) a unei bujii, camera liniara trebuie sa fie montata astfel incit Linia-de-Vedere sa aiba lungimea de 2 in (5.08 cm).
- **Definirea unei Muchii.** Deoarece bujiile vor fi luminate puternic in diascopie, 3 pixeli sunt suficienti pentru definirea unei muchii.
- **Determinarea Preciziei.** Ecuatia urmatoare determina precizia sistemului care utilizeaza muchii de 3 pixeli pentru o camera liniara de rezolutie 2048 pixeli :

$$(\text{linia-de-vedere}) / 683 = 0.03 \text{ in } (0.076 \text{ cm})$$

Cu aceasta precizie, camera liniara va fi capabila sa verifice ca interstiul electrod-cap metalic este intre 0.030 si 0.040 in (0.076 – 0.10 cm), conform cu specificatiile impuse.

- **Determinarea Ratei de Inspectie.** Pentru a determina durata de timp necesara ca sistemul SLC sa realizeze o inspectie, trebuie aditionati timpii urmatoari :

Tabelul 3. Timpul de inspectie a etichetelor pe colete

Semnificatia	Valoarea [msec]
Timp de transfer	2.0
Depasiri diverse	1.5
Timp de expunere *	10.0
Luxmetru, 32 pixeli lungime	0.5
Inspectie: se utilizeaza 1 calibru ( <i>gage</i> ) **	27.3
TOTAL	41.3
* Depinde de stralucirea luminii	
** Trebuie calculat. Deoarece se utilizeaza 1 calibru : (2048 / 75 pixeli) * 1 ms * 1 calibre = 27.3 ms	

La 41.3 ms per ciclu de inspectie, camera liniara realizeaza 24 scanari / secunda ( $1 / 0.0413 = 24$ ), mai mult decat acoperitor.

## 2.7. Sisteme SLC pentru numarare si sortare

Sistemele cu camere video liniare pot numara si sorta obiecte care se detaseaza net de fond, astfel incit poate fi masurata marimea lor. Aplicatiile tipice urmatoare sunt fezabile:

- numararea de pastile;
- numarare sau sortarea sticlelor;
- detectarea lipsei de obiecte;
- inspectia cutiilor de ambalaj pentru verificarea prezentei tuturor articolelor;
- numararea gaurilor in piese uzinate.

In exemplul din Fig. 12, un producator de articole de papetarie umple cutii cu plicuri. Considerind volumul expedierilor, supraincercarea cutiilor cauzeaza pierderi companiei, iar subincarcarea acestora determina reclamatii ale clientilor.

De aceea, se doreste numararea rapida a plicurilor in cutii. Cutiile se deplaseaza cu o rata de 5 cutii / secunda la 70 in / sec (17.78 cm / sec).

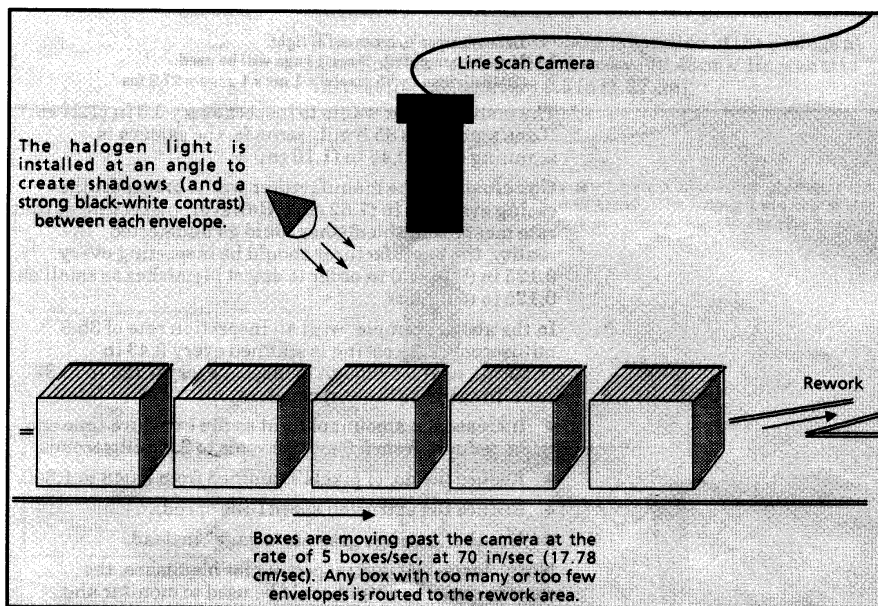


Fig. 12 – Numararea plicurilor in cutii cu LSC

Specificatiile tehnico-functionale ale acestui sistem SLC impun:

- **Determinarea Liniei-de-Vedere.** Cutia are latimea de 4 in (10.16 cm) si contine 250 de plicuri. Aduagind 25 % acestei latimi, rezulta o Linie-de-Vedere de 5 in (12.7 cm).
- **Definirea unei Muchii.** Cutiile vor fi luminate frontal, deci 5 pixeli sunt necesari pentru definirea unei muchii.
- **Determinarea Preciziei.** Ecuatia urmatoare determina precizia sistemului care utilizeaza muchii de 5 pixeli pentru o camera liniara de rezolutie 2048 pixeli :

$$(\text{linia-de-vedere}) / 410 = 0.012 \text{ in } (0.03 \text{ cm})$$

Cu aceasta precizie, camera liniara va fi capabila sa detecteze si sa numere plicuri de grosime 0.0156 in (0.04 cm).

- **Determinarea Ratei de Inspectie.** Pentru a determina durata de timp necesara ca sistemul SLC sa realizeze o scanare, trebuie aditionati timpii urmatoari :

*Tabelul 4.* Timpul de scanare a cutiilor cu plicuri

Semnificatia	Valoarea [msec]
Timp de transfer	2.0
Depasiri diverse	1.5
Timp de expunere *	10.0
Luxmetru, 64 pixeli lungime	0.8
Inspectie: se utilizeaza 1 calibru ( <i>gage</i> ) **	27.3
Compensarea stralucirii	0.1
TOTAL	41.7
* Depinde de stralucirea luminii	
** Trebuie calculat. Deoarece se utilizeaza 1 calibru : (2048 / 75 pixeli) * 1 ms * 1 calibre = 27.3 ms	

Daca o scanare necesita 41.7 ms, camera scaneaza la fiecare 0.21 in (0.53 cm), ceea ce acopera cu prisos rata de inspectie la fiecare 0.5 in (1.27 cm).

## 2.8. Masurarea si corectarea pozitiilor si orientarilor obiectelor cu sisteme LSC

Sistemele cu camere video liniare pot fi utilizate pentru o varietate larga de aplicatii de pozitionare. Frecvent, o piesa, un reper sau un subansamblu trebuie sa fie pozitionata si/sau orientata corect pentru a fi apoi procesata sau asamblata intr-un montaj. Informatia de decalaj de pozitie si/sau orientare obtinuta prin procesarea informatiei de la camera liniara poate fi utilizata pentru compensarea sau corectia acestor decalaje de amplasare. Aplicatii tipice includ :

- alinierea reperelor cilindrice (ex. busteni, piese forjate sau turnate) pentru strunjire;
- pozitionarea obiectelor de gabarit mare;
- inspectia cordoanelor de sudura;
- alinierea cutiilor, coletelor sau ambalajelor pentru aplicarea de etichete;
- alinierea pieselor inainte de gaurire.

In fig. 13 este prezentata solutia de inspectie a caramizilor pe linia de transport catre cuptorul de coacere.

Orientarea caramizilor care intra in cuptor pentru faza final de ardere este critica; daca ele sosec rasucite, se incalzesc neuniform, rezultind defecte si o calitate redusa.. O camera video liniara verifica abaterile de la orientarea corecta a caramizilor, care trec prin dreptul camerei cu o viteza de 18 in/sec (45.72 cm/sec).

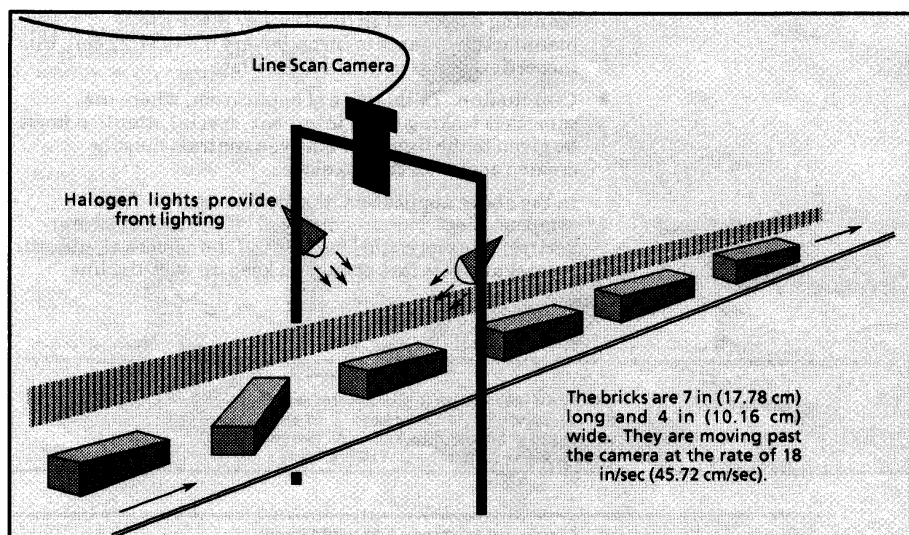


Fig. 13 - Verificarea abaterilor de orientare in fluxul de fabricatie a caramizilor.

Specificatiile tehnico-functionale ale acestui sistem SLC impun:

- **Determinarea Liniei-de-Vedere.** O caramida are latimea de 4 in (10.16 cm). Adaugind 25 % acestei latimi, rezulta o Linie-de-Vedere de 5 in (12.7 cm).
- **Definirea unei Muchii.** Din moment ce caramizile sunt luminate frontal, deci 5 pixeli sunt necesari pentru definirea unei muchii.
- **Determinarea Preciziei.** Ecuatia urmatoare determina precizia sistemului care utilizeaza muchii de 5 pixeli pentru o camera liniara de rezolutie 2048 pixeli :

$$(\text{linia-de-vedere}) / 410 = 0.012 \text{ in } (0.03 \text{ cm})$$

Cu aceasta precizie, camera liniara va fi capabila sa detecteze cind o caramida este deaxata cu mai mult de 0.25 in (0.64 cm) fata de centrul conveiorului.

- **Determinarea Ratei de Insectie.** Pentru a determina durata de timp necesara ca sistemul SLC sa realizeze o scanare, trebuie aditionati timpii urmatoari :

Tabelul 5. Timpul de inspectie a unei caramizi

Semnificatia	Valoarea [msec]
Timp de transfer	2.0
Depasiri diverse	1.5
Timp de expunere *	30.0
Inspectie: se utilizeaza 1 calibru ( <i>gage</i> ) **	27.3
TOTAL	60.8
* Depinde de stralucirea luminii	
** Trebuie calculat. Deoarece se utilizeaza 1 calibru : (2048 / 75 pixeli) * 1 ms * 1 calibre = 27.3 ms	

Daca o scanare necesita 60.8 ms, camera scaneaza la fiecare 1.09 in (2.78 cm), ceea ce acopera cu prisos rata de inspectie necesara pentru procesul de fabricatie a caramizilor

Din moment ce LSC scaneaza odata la 1.09 in (2.78 cm), o caramida poate fi scanata la 1 in (2.54 cm) dupa ce fotocelula (iesire binara) detecteaza muchia din fata a caramizii. O a doua scanare a aceleiasi caramizi poate fi executata 5 in (12.7) cm mai tirziu. Orice deviatie a caramizii mai mare decit 0.25 in (0.64 cm) de la pozitia corecta va determina emiterea de catre SVA a unui semnal binar de deviere a respectivei caramizi de pe conveiorul fluxului de alimentare a cuptorului de coacere, in vederea repositionarii ei corecte si plasarea din nou pe conveior.

### 3. Stadiul realizarilor in domeniu

#### 3.1. Realizari pe plan mondial

(1) *Fabricanti importanti de sisteme de roboti industriali* (Fanuc, ABB, Adept, Kuka) au extins mediul standard sau specializat (pentru operatii tehnologice, ex. sudura) de operare a robotilor cu functii de vedere artificiala si camere video liniare si/sau matriciale, prin mecanismul de functionare "intretesuta" a celor doua sectiuni: achizitie si procesare de imagini/control miscare. Acesta este cazul tipic pentru limbajele:

- **AdeptVision VXL** (compania Adept Technology, Inc), o extensie a limbajului de programare / a sistemului de operare multitasking in timp real V+, ce dispune de pachetele software de aplicatii AIM VisionWare, AIM PCB, de software-ul de interfata AdeptWindows cu statii IBM PC si de instrumentul de proiectare grafica 3-D si simulare a aplicatiilor mixte AVI-IAV.
- **RobotVision\_pro** (compania Eshed Robotec (1982)), un limbaj de programare autonom si sistem de operare rezident pe masina VA de tip IBM PC conectata pipe line cu controlerul robot, integrat in mediile de programare robot **ACL** si **SCORBASE** si in sistemul software de conducere integrata a fabricatiei ER CIM.
- **VisionWare** (Compania Kuka Augsburg), o extensie de limbaj de programare dedicat inspectiei vizuale a scenei robotului si sistem de operare Windows rezident pe controlere robot compactibile IBM PC
- **VISION RAPID** (compania Asea Brown Boveri), o extensie de limbaj de programare orienta pe obiecte, utilizat inclusiv cu camere video liniare pentru inspectia proceselor de sudura robotizate : cordoane de sudura, imbinari de piese prin sudura, inspectia sudurii prin puncte, s.a.

(2) Fabricanti de produse din sticla pentru industria auto (parbrize) si industria materialelor de constructii (geamuri) integreaza in prezent in liniile de productie sisteme de inspectie cu camere video liniare pentru controlul de calitate : analiza muchiilor si colturilor contururilor foilor de sticla, analiza starii suprafetelor foilor de sticla (zgarieturi, bule de aer, ciupituri) . Citeva dintre sistemele integrate in fabricatie sunt :

- **ISCAN** (compania GRIP TECHNOLOGIES), o interfata software a sistemului de vedere artificiala cu sistem central de conducere a celulelor de manipulare/transport uzinal si prelucrare materialelor de tip "sticla flotata" cu control de calitate integrat in fluxul de productie si manipulare / depozitare realizata cu roboti Kuka. Aplicatia de tip DLC, de succes deosebit din punctul de vedere al asigurarii calitatii si al micșorarii costurilor de productie a fost preluata de concernul nord-american Guardian.
- (3) Fabricanti de produse din industria pielariei si confectiilor utilizeaza sisteme SLC si DLC pentru pregatirea fabricatiei, crearea bazei de date pentru operatii de : decupare (cu

minimizarea pierderilor de material), croire, lipire, izolare etc; in mare parte aceste operatii sunt robotizate. Citeva produse de referinta:

- **ULISES** (compania CALZAUTO - Murcia, Spania) este un sistem autonom de inspectie de tip SLC, care digitizeaza imaginea talpilor diferitelor tipuri de produse de incaltaminte, extrage conturul talpii, genereaza modelele tuturor masurilor unui model pentru ambele pozitii stinga, dreapta prin operatii de scalare si oglindire, si in final genereaza traiectoriile robot necesare pentru diferite operatii tehnologice: decupare talpi, lipire, impregnare s.a.
- **VISLEAD** (compania Moreno - Cordoba, Spania) este un produs de tip Dual Line Scan Camera utilizat pentru inspectia suprafetelor din piele din care urmeaza sa fie decupate parti componente de incaltaminte. Sunt detectate fisuri, gauri si zone avind culori net diferite, prin scalare de contur se elimina suprafetele periferice din vecinatatea conturului exterior si a conturilor interioare (in jurul gaurilor si fisurilor); suprafata ramasa este divizata optimal pentru a permite ulterior unui robot SCARA decuparea unui numar maxim de repere (talpi, benzi, fete) ce intra in componenta unui articol de incaltaminte de model specificat.

(4) Fabricanti de componente si sisteme de automatizare si de vedere artificiala, care produc echipamente hardware, drivere si sisteme software de uz general dedicate operarii cu camere video liniare.

- **Machine Vision AB** (compania Allen-Bradley) produce camera de tip LSC, modulul *frame grabber*, componente ale sistemului de iluminare, modul de achizitie si procesare primara a impulsurilor de la traductoare incrementale de citire a pozitiei conveiorului, cit si friverile si sistemul software de prelucrare a imaginilor de la camera (include 4 calibre software de linie)
- **DT3152-LS** (compania DATA TRANSLATION) produce modulul *frame grabber* pentru camere LSC si suportul software (inclusiv SDK de 32 de biti) pentru Windows®NT si Windows®95, cit si sistemele software DT-Acquire™ si LS-Acquire™ .
- **IMASYS** (compania IMAGING Tehnology) produce module *frame grabber* din gama IC-DIG pentru camere liniare LSC, si suport software: biblioteca de functii API ITEX™, software de configurare de camere Camera Configurator™, software de aplicatii: Sherlock<sup>32</sup> (verificarea asamblarii, calibre, detectie de prezenta/absenta, OCV, Barcoding, ghidare de robot, OCR-optional), MVTools™, si permite dezvoltari de software de catre utilizatori, in Visual C++ si VisualBasic.

### 3.2. Realizari pe plan national

In prezent in Romania nu exista nici producatori autohtoni de componente hardware si software pentru inspectie cu camere video liniare, si nici integratori de astfel de sisteme, desi exista agenti economici interesati in inspectie, control si procesare robotizata bazata pe informatia digitizata obtinuta de la camere video liniare.

Avind in vedere tendinta generala care se manifesta pe plan mondial pentru control de calitate integrat si flexibilizarea productiei, pentru integrarea noilor tehnologii informatice ca suport pentru conceptele IA, cit si pentru automatizarea si robotizarea serviciilor (postale, administratie, alimentatie-cantine), este de asteptat ca in viitorul apropiat sa asistam la un larg proces de creare a infrastructurii de automatizare si conducere integrata



cu calculator a proceselor tehnice (in industrie si servicii), in care inspectia vizuala cu sisteme inteligente bazate pe camere liniare este o componenta vitala pentru eficienta economica, calitate superioara si interconectare informationala a compartimentelor diferite intr-o companie.

## II. Aspecte Economice

### 4. Analiza efectelor tehnice si economice

Este evident ca dezvoltarea unui produs de tip D(S)LC de inalta tehnicitate, inglobind metode, tehnici si proceduri ale inteligentei artificiale, cit si tehnologii informatice avansate (vedere artificiala, caracterizarea materialelor prin trasaturi estimate vizual, modelare si control orientate pe obiecte), nu poate fi facuta fara a tine seama de implicatiile economice. Acestea vor fi analizate separat, pe segmente diferite, dupa cum urmeaza:

#### 4.1. Efecte la producator

In tabelul 6 se redau costurile estimate pentru componenta hardware a sistemului ce face obiectul cercetarilor din prezentul proiect. Se mentioneaza ca s-a avut in vedere o configuratie maximala, de tip DLC; in cazul scenelor mobile de dimensiune mai mica, costurile scad la

Tabel 6. Costuri estimate pentru componente hardware si software

Componenta	Descriere	Pret [USD]	Cantitate	Pret total [USD]	Durata livrării
DALSA SP-12-02K30	Camera video liniara	2 450	2	4 900	4-6 sapt.
NEMIC-LAMBDA NNS15-12	Sursa de alimentare pentru camere	200	2	400	4-6 sapt.
NIKOR 35/2 AF-D	Lentile	540	2	1080	3-4 sapt.
IMAGING TECHNOLOGY PC-DIG-L	Frame grabber	1 095	1	1 095	pe stoc + transport
PCL-836 *	Placa I/O counter/timer	195	1	195	pe stoc/4 sapt.
C-168-P **	8 port RS232	147	1	147	pe stoc/4 sapt.
OPT-8B **	Placa conexiuni 8 port RS232	95	1	95	pe stoc/4 sapt.
ADAM-4520 **	Modul de izolare RS232-RS485	116	1	116	pe stoc/4 sapt.
GEL 209TN-01024C001 *	Encoder	610	1	610	5 sapt.
FCX 1096-4	Controler iluminare MERCRON	469	2	938	2 sapt. FOB Dallas TX

CL-9 Photo detector kit	Foto-detector (binar) MERCRON	3	2	6	2 sapt. FOB Dallas TX
Transport MERCRON		177	1	177	2 sapt. FOB Dallas TX
Visual C++	Licenta software	500	1	500	pe stoc/imediat
PC computer Pentium III la 800 MHz, RAM 128 MB, HDD 20GB	Calculator personal	1 200	1	1 200	pe stoc/imediat
TOTAL		11 459			

*Economie de resurse* : se estimeaza ca prin respectarea tehnologiei de fabricatie, stabilita in cadrul prezentului proiect, produsele-sistem vor permite realizarea de economii de 60% la resursele umane si de 20% la resurse materiale, in regim de multiplicare de produse pe aplicatii la cheie.

*Cresterea nivelului tehnologic* : produsele-sistem conduc la implementari tehnologice de nivel inalt. Distributia software se poate face pe CD-ROM la nivelul programelor de aplicatie.

*Protectia mediului* : Tehnologia de productie este total nepoluanta.

*Asigurarea calitatii* : arhitectura proiectata, calitatea si principiile de interconectare a produselor conduc la realizarea unei tehnologii de control al calitatii simpla si necostisitoare.

*Estimarea productiei* : Firma SIS estimeaza productia de sisteme SLC la nivel de 4 unitati in primul an si 1 sistem DLC in primul an, si a circa 20 de sisteme SLC si DLC in urmatoorii doi ani. La nivelul anului 2005 se estimeaza o productie de 25 de sisteme pe an.

#### **4.2. Efecte la beneficiar**

Cresterea calitatii produselor, anticiparea defectelor inainte de fazele de prelucrare, asamblare, impachetare sau livrare este asigurata prin sistemele de control vizual cu camere liniare, in arhitecturi SLC si DLC.

Procesele de inspectie de produse se aplica in unitati productive si in compartimente de servicii.

Implantarea de astfel de sisteme la beneficiar conduce la reduceri de costuri de fabricatie intre 30 si 45%, in conditiile unor consumuri energetice neglijabile, costuri de intretinere de cca 10 mil lei/an, cu interventii minime de diagnoza/depanare.

#### **4.3. Efecte la integrator (inclusiv montare)**

*Reducere de costuri:*

- materiale : nu necesita utilaje si aparatura speciala de montaj, ci doar trusa clasica de scule;
- umane: personal redus de montaj (1, max. 2 specialisti), testare, verificari, sservice

*Cresterea productivitatii:*

Se estimeaza o crestere a productivitatii de 400% fata de varianta de implementare cu camere video matriciale

*Reducere timpi de realizare:*

Se estimeaza ca integrarea si montarea nu depasesc o durata de 1 saptamina la beneficiar.

#### **4.4. Efecte generale**

*Realizarea de produse noi:*

Structura hardware a sistemului DLC, configurarea comunicatiei cu partenerii de aplicatie, sistemul de programe de baza si interfata om-masina se incadreaza in aplicarea noilor tehnologii informatice care implementeaza mecanisme ale inteligentei artificiale, se inscriu in cadrul tehnologiilor de virf pe plan mondial in domeniul controlului de calitate si al diagnozei in timp real pentru procese tehnologice de procesare a materialelor si servicii, conducind la :

- cresterea calitatii si a competitivitatii produselor romanesti pe plan extern;
- realizarea primelor sisteme romanesti de inspectie vizuala, sortare si generare automata a bazelor de date pentru procesarea in flux a materialelor, subansamblelo, de ambalare si expeditie integrata cu tehnica de calcul si elemente de robotica;
- crearea bazei tehnico-stiintifice de realizare a unei familii de sisteme generice de inspectie si control vizual cu camere liniare multiple si de integrare a acestuia in clase de aplicatii conduse prin tehnica de calcul distribuita.

*Reducerea consumurilor energetice, de materii prime si de materiale :*

- optimizarea consumului de materiale in aplicatii de croire, decupare de modele de repere avind modele de contur si suprafata digitizate cu camere liniare;
- reducerea costurilor de energie prin eliminarea controlului interfazic pe dispozitive de masura specializate;
- scurtarea ciclurilor de fabricatie prin generarea automata a traiectoriilor de procesare a materialelor (ex. miscari roboti, cicluri pe masini cu comanda numerica);
- monitorizarea intregului ciclu de fabricatie a produselor;
- reducerea consumului de subansambleprin inspectie de stare si pozitionare a componentelor, si pregatirea on-line a ciclurilor de montaj robotizate.

*Protectia operatorilor si a mediului:*

- Sistemele DLC vor contribui direct la protectia operatorilor umani prin automatizarea totala a procedurilor de inspectie, cit si prin manipularea robotizata a materialelor si produselor;
- Sistemele DLC vor contribui direct la protectia mediului prin:
  - cresterea gradului de securitate si siguranta in functionare a instalatiilor tehnologice
  - cresterea vitezei de supraveghere, informare si decizie;
  - cresterea gradului de flexibilitate in functionare si reconfigurarea loturilor la schimbari impuse de piata.

*Asigurarea calitatii :*

Sistemul propus are drept obiectiv principal asigurarea calitatii produselor obtinute prin prelucrare si/sau asamblare, cit si a serviciilor. Acest obiectiv reprezinta functia majora a nucleului software de prelucrare de nivel inalt a imaginilor digitizate cu LSC, si va fi realizat printr-o proiectare adecvata a functiilor de inspectie si localizare, cu respectarea metodologiei de urmarire a calitatii si fiabilitatii produselor software.

*Cresterea competitivitatii firmelor romanesti :*

Prin caracteristicile sale tehnice si functionale, produsul este situat in topul mondial al cercetarii stiintifice in domeniu, contribuind astfel la afirmarea scolii romanesti de informatica aplicata, si la relansarea productiei romanesti in domenii de inalta competitivitate: inginerie software si de sistem, IA aplicata prin vedere artificiala.

Firma EastElectric, in calitatea sa de integrator de sisteme de conducere automata cu calculator a proceselor industriale si a serviciilor are un numar de colaborari cu companii din tara (Continental, Dacia Renault, Ford, ABB, s.a.) impreuna cu care se estimeaza implementarea unui numar de 25 de sisteme la cheie pe an.

Principalii utilizatori ai rezultatelor cercetarii sunt :

- proiectantii si integratorii de sistem,
- beneficiari – agenti economic cu profil de productie (industriile constructoare de masini, a materialelor de constructii, usoara – incaltaminte si confectii, alimentara);
- beneficiari – societati si agenti cu profil de servicii (postale, mesagerie, transport, alimentatie publica);
- cercetatori stiintifici, doctoranzi.

#### **4.5. Efecte economice estimate dupa 3 ani de la finalizarea cercetarii**

Avind in vedere cresterea cererilor de solutii de conducere integrata cu calculator si de inspectie si control inteligent pentru piata romaneasca, prezenta tema se adreseaza ca finalitate agentilor economici ce doresc ridicarea calitatii produselor, flexibilizarea structurilor de productie in vederea adaptarii rapide la cerintele pietii, includerea controlului si a expeditiei in ciclul de fabricatie, automatizarea unor tipuri de servicii ce necesita un personal numeros, adesea supus stressului accentuat prin monotonia muncii.

Se estimeaza la producator un profit de 2 000 USD /produs la intern si de cca 4 000 USD/produs la extern. La integrator se estimeaza un profit direct de cca 4 000 USD /produs la intern si de cca 9 000 USD/produs la extern, pentru o aplicatie la cheie.

Avind in vedere efortul necesar realizarii produsului, estimat la 35 000 USD si profitul net estimat la 6 000 USD/produs-aplicatie, rezulta ca investitia pentru dezvoltarea produsului se poate recupera dupa vnzarea a 6 sisteme.