



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00667**

(22) Data de depozit: **14.07.2011**

(41) Data publicării cererii:  
**28.02.2013** BOPI nr. 2/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN  
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI  
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• AMZA CĂTĂLIN GHEORGHE,  
STR. PICTOR MIRCEA G. DEMETRESCU  
NR. 14, AP. 1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• CICIC DUMITRU TITI, STR. DREPTĂȚII  
NR.8, BL.02, SC.3, AP.105, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• POPESCU DIANA, STR. MĂGURICEA  
NR. 1, BL. 3F, SC. 1, ET. 1, AP. 4,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• AMZA GHEORGHE,  
STR. PICTOR MIREA G. DEMETRESCU  
NR.14, AP.1, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• SEMENESCU AUGUSTIN,  
ȘOS. BUCUREȘTI-TÂRGOVIȘTE 22 T, A14,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

## (54) METODĂ ȘI INSTALAȚIE DE EVALUARE A CALITĂȚII PRODUSELOR INDUSTRIALE BAZATĂ PE INTELIGENȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la o instalație de evaluare a calității produselor industriale, bazată pe inteligență industrială, direct de pe linia de fabricație, cu grade diferite de respingere a produselor neconforme. Metoda conform invenției este bazată pe procesare de imagini și constă într-o primă etapă de preluare a unei imagini rezultate în urma controlului cu radiații X a unui produs examinat, a doua etapă - de procesare de nivel scăzut a imaginii, ce cuprinde procesarea imaginii radiografice, segmentarea acesteia prin utilizarea unei rețele neuronale Hopfield și extracția obiectelor rezultate din segmentare, a treia etapă - de detecție de nivel înalt a defectelor, cuprinzând extragerea caracteristicilor și a detecției propriu-zise, bazate pe logică fuzzy, și a patra etapă - de decizie admis/respins, cu trei răspunsuri posibile: "produs conform", "rebut recuperabil" sau "rebut irecuperabil", pentru produsului analizat. Instalația conform invenției cuprinde un dispozitiv (1) automat de manipulare, deplasare și rotire, pentru deplasarea automată a produsului examinat, un echipament (2) de examinare cu radiații penetrante, un sistem (3) de prelucrare automată a imaginii radiografice și transmitere de către o unitate (1') de calcul, o bandă (8) transportoare principală, două benzi (10, 11) transportoare pentru conducerea produselor de tip rebut irecuperabil sau recuperabil, două limitatoare (14, 15) pentru stoparea acestor produse, și două împingătoare (12, 13) pneumatice, pentru direcționarea lor, unitatea (1') de calcul fiind, la rândul ei, compusă dintr-un modul (4) de procesare a imaginii, un modul (5)

de extracție a caracteristicii, un modul (6) de detecție de nivel înalt și un modul (7) de acționare a unui dispozitiv mecanizat de manipulare, deplasare și rotire.

Revendicări: 3

Figuri: 4

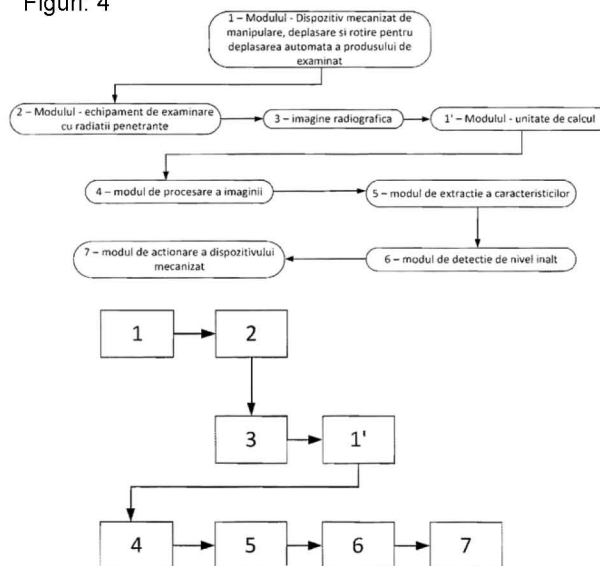


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## METODA ȘI INSTALAȚIE DE EVALUARE A CALITĂȚII PRODUSELOR INDUSTRIALE BAZATĂ PE INTELIGENȚĂ INDUSTRIALĂ

Invenția se referă la o metodă automata și inteligenta de evaluare a calității produselor industriale, direct de pe linia de fabricație cu grade diferite de respingere a produselor neconforme utilizând procesarea de imagini prin tehnici de inteligența artificială, luarea deciziei „produs conform”, „rebut recuperabil” sau „rebut irecuperabil” și separarea selectivă a acestora prin dispozitivul proiectat și integrat pe fluxul de fabricație, denumit „împingător de scoatere automată de pe bandă a produselor” (selector produse cu statut de control diferit).

În procesele industriale, de realizare a diferitelor piese semifabricat, în cele mai multe cazuri, sunt necesare aplicarea post fabricație sau chiar în timpul fabricației, a mai multor metode de examinare nedistructivă, în vederea stabilirii existenței neconformităților pe produsul obținut și luării deciziei de admis/respins/resupus examinării după reparație. Toate aceste metode nu conduc la altceva, decât la creșterea costurilor și timpului alocat realizării produsului.

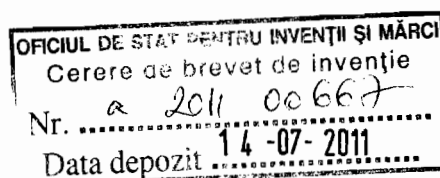
Metodele clasice de examinare a calității produselor industriale bazate pe operatori umani prin diverse metode prezintă o serie de dezavantaje, din care amintim:

- Timpii alocați procesului de control/examinare (examinării) mari;
- Costurile (revendicate de examinări) relativ ridicate;
- Pregătirea, starea fizică și psihică a personalului ce efectuează examinarea își pune amprenta foarte mult asupra deciziei de admis/respins (produs conform, rebut recuperabil sau rebut irecuperabil) a produsului analizat;
- Pregătirea examinării presupune timp și costuri ridicate;
- Prezintă pericol pentru operatori, etc.

Toate aceste dezavantaje, specifice examinărilor nedistructive realizate de un operator uman, au condus la necesitatea elaborării unei metode automate și inteligente de evaluare a calității produselor industriale, prin care să se asigure un grad ridicat de încredere asupra deciziei de admis/respins (produs conform, rebut recuperabil sau rebut irecuperabil), o protecție ridicată pentru operatori și nu în ultimul rând să conducă în timp la reducerea costurilor datorate cu evaluarea, examinarea și interpretarea rezultatelor obținute, cu respectarea standardelor și normelor în vigoare. Reducerea timpilor va fi asigurată totodată și prin dispozitivul proiectat și integrat „împingător de scoatere automată de pe bandă a produselor neacceptate” (selector produse cu statut de control diferit).

Din literatura de specialitate și prin consultarea bazelor de date cu privire la brevetele de invenție existente, a rezultat că problematica găsirii unor soluții automate de evaluare a calității produselor industriale (și luarea deciziei în timp real de produs conform, rebut recuperabil sau rebut irecuperabil) este de actualitate și departe de a fi rezolvată.

În acest sens, în cadrul brevetelor la nivel național, problematica inventării (elaborării unei invenții) unui sistem automat de evaluare am regăsit-o doar în 2 brevete de invenție:



produselor industriale și de selectare a acestora, bazată pe procesare de imagine prin tehnici de inteligență artificială, rezolvă această problemă tehnică prin utilizarea unei aplicații software specializate, proiectate și realizate de echipa de inventatori, ce permite procesarea în timp real a imaginilor radiografice rezultate în urma examinării nedistructive a pieselor industriale.

Mai concret, invenția presupune existența unui sistem automat de examinare compus din : linie de fabricație, dispozitiv de deplasare/ rotire a componentei în vederea poziționării optime pentru examinarea radiografică, echipament de examinare cu radiații penetrante, intensificator de imagine, sistem de preluare a imaginii în timp real, sistem de monitorizare video zona examinată, sistem de calcul pentru aplicația software, sistem de stocare a imaginilor rezultate, baze de date cu tipurile de neconformități ce pot să apară în produsele industriale, sistem împingător de scoatere automată de pe bandă a produselor neacceptate. Produsul de examinat, amplasat pe un dispozitiv mecanizat de manipulare, deplasare și rotire sau pe o bandă transportoare, este deplasat automat în locul în care este amplasat echipamentul de examinare cu radiații penetrante. Se execută examinarea radiografică (roentnografice), iar imaginea roentnografică este preluată în timp real, în format digital, de către un sistem de calcul, excluzându-se astfel timpul procesării filmului radiografic, pe un dispozitiv de stocare a imaginilor rezultate. Imaginea rezultată este preluată de sistemul de procesare a imaginii radiografice și supusă unor etape succesive de procesare, în final aplicația software luând în mod automat un verdict de ADMIS/RESPINS („produs conform”, „rebut recuperabil” sau „rebut irecuperabil”) al produsului din punct de vedere calitativ. În prealabil, au fost stabilite de către operatorul uman cerințele de inspecție specifice produsului analizat și o bază de date cu neconformitățile posibile ce pot să apară la produsul analizat.

În modulul denumit extracția caracteristicilor se efectuează procesarea imaginii în sensul detectării dimensiunilor geometrice caracteristice ale produsului analizat și detectarea zonelor cu densități de înnegrire diferite care pot identifica eventualele neconformități. Informațiile astfel obținute sunt direcționate către modulul de detecție unde se efectuează prefiltrarea geometrică bazată pe logica fuzzy și filtrarea statistică a zonelor cu densități de înnegrire diferite. În baza rezultatelor obținute prin compararea cu informațiile stocate anterior în baza de date și a cerințelor de inspecție specifice produsului analizat, sistemul emite decizia admis/respins și generează un raport de examinare cu radiații penetrante în care se vor regăsi toate elementele examinării și decizia luată.

Instalația de evaluare automată pe fluxul de producție a calității produselor industriale și de selectare a acestora, având un dispozitiv mecanizat de manipulare, deplasare și rotire, pentru a deplasa automat produsul, un echipament de examinare cu radiații penetrante , o unitate de calcul de procesare a imaginii radiografice , cu un modul de procesare a imaginii adecvat programat și un modul de extracție a caracteristicilor , folosind o rețea neuronală Hopfield și logica fuzzy, un modul de detecție de nivel înalt și o interfață specifică de acționare a dispozitivului mecanizat .

Metoda și instalația conform invenției prezintă avantajul că realizează o evaluare automată și inteligentă a produselor și o selectare automată a lor, direct pe fluxul de producție, fără întreruperea acestuia.

### Prezentarea pe larg

Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu figurile 1..3 (4), care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a etapelor de realizare a metodei conform invenției (modulele metodei conform invenției);

- fig. 2, schema instalației de aplicare a metodei conform invenției (fazele metodei conform invenției);

- fig.3, vedere a sistemului propus spre brevetare ce conține și dispozitivul de selectare automată prin scoatere de pe bandă a produselor evaluate negativ la controlul automat „produs conform”, „rebut recuperabil” sau „rebut irecuperabil” (selector produse cu statut de control diferit).

- fig. 4. Schema bloc a elementelor componente

Se indică în continuare figura 1 care reprezintă schema de desfășurare a metodei automata și inteligenta de evaluare a calității produselor industriale utilizând procesarea de imagini prin tehnici de inteligență artificială.

Metoda conform invenției este aplicată cu o instalație de evaluare automată pe fluxul de producție a calității produselor industriale și de selectare a acestora, având un dispozitiv mecanizat **1** de manipulare, deplasare și rotire, pentru a deplasa automat produsul, un echipament de examinare cu radiații penetrante **2**, o unitate de calcul **1'** de procesare a imaginii radiografice **3**, cu un modul de procesare a imaginii **4** adecvat programat și un modul de extracție a caracteristicilor **5**, folosind o rețea neuronală Hopfield și logica fuzzy, un modul de detecție de nivel înalt **6** și o interfață specifică **7** de acționare a dispozitivului mecanizat **1**.

Metoda automata și inteligenta de evaluare a calității produselor industriale bazată pe procesare de imagine și inteligență industrială, conform invenției, este realizată prin următoarele faze:

- produsul de examinat, amplasat pe un dispozitiv mecanizat de manipulare, deplasare și rotire **1** prevăzut cu o unitate de calcul **1'**, este deplasat automat în locul în care este amplasat echipamentul de examinare cu radiații penetrante **2**. Se execută examinarea radiografică, iar imaginea este preluată în timp real prin intermediul unei placi de achiziție date, excluzându-se astfel timpul procesării filmului radiografie, pe un dispozitiv de stocare a imaginilor rezultate. Imaginea rezultată este preluată de sistemul de procesare a imaginii radiografice **3** și supusă în modulul procesare imagine **4**, etapelor de: - a) segmentare, rezultând astfel extragerea obiectelor/zonelor segmentate a, a', a" importante din imaginea A, în paralel fiind realizată de către operatorul uman faza de-b) transmiterea cerințelor de inspecție specifice produsului analizat către baza de date B a modulului de procesare a imaginii 4, care mai are și o bază de date C cu neconformitățile posibile b ce pot să apară la produsul analizat. În modulul denumit ,modul de extracția caracteristicilor', **5**, se efectuează etapa de c)-procesare a imaginii în

sensul detectării dimensiunilor geometrice caracteristice  $c$ ,  $c'$ ,  $c''$  și a caracteristicilor imagistice  $d$ ,  $d'$ ,  $d''$  (strălucire, contrast, diferența față de fundal, etc.) a obiectelor și zonelor segmentate  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  extrase din imaginea  $A$ . Informațiile astfel obținute sunt direcționate către un modul de detecție de nivel înalt **6** unde se efectuează etapa

d) - filtrarea zonelor problematice  $e$ ,  $e'$ ,  $e''$  din zonele segmentate  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  din punct de vedere al caracteristicilor geometrice (dimensiuni, forma), urmată apoi de etapa:

e) - filtrarea statistică bazată pe caracteristicile imagistice ale acestora.

În baza rezultatelor obținute din etapa e), se realizează etapa prefinală de

f) - compararea informațiilor din etapa e) cu informațiile indicate în baza de date  $B$  și  $C$ , deci cu cerințele de inspecție specifice ale produsului analizat și cu neconformitățile posibile și emiterea - fără intervenție umană - a deciziei: admis Yes /respins NO1, NO2 și generarea unui raport de examinare cu radiații penetrante a produsului, în care se vor regăsi toate elementele examinării și decizia luată. Totodată, decizia No din etapa f) comandă într-o etapă succesivă, g), printr-o interfață paralela LPT specifică **7** a unității de calcul **1'** acționarea dispozitivului mecanizat **1** de manipulare pentru respingerea selectivă a produselor cu defecte, realizată diferențiat, pentru produse-rebut și pentru produse recondiționabile. În cazul în care dispozitivul mecanizat **1** este o bandă transportoare cu mijloace auxiliare de acționare asupra produsului pe bandă, comanda NO1, NO2 a interfeței **7** va acționa selectiv un împingător de scoatere de pe bandă a produsului.

Sistemul propus este compus din :

- Dispozitiv automat de manipulare, deplasare și rotire pentru deplasarea automată a produsului examinat **1**;
  - Echipament de examinare cu radiații penetrante **2**;
  - Sistem de preluarea automată a imaginii radiografice **3** și transmiterea către
  - unitatea de calcul **1'**;
  - modul de procesare a imaginii **4**;
  - modul de extracție a caracteristice **5**;
  - modul de detecție de nivel înalt **6**;
  - modul de acționare a dispozitivului mecanizate manipulare, deplasare și rotire **7**;
  - banda transportoare **8** principală;
  - piesa de examinat **9**;
  - banda transportoare **10** pentru conducerea produsului de tip rebut irecuperabil NO2;
  - banda transportoare **11** pentru conducerea produsului de tip rebut recuperabil NO1;
  - limitator **14** pentru stoparea produsului de tip rebut recuperabil NO1;
  - limitator **15** pentru stoparea produsului de tip rebut irecuperabil NO2;
  - împingător pneumatic **13** pentru direcționarea rebut recuperabil NO1 pe
- 11**;

- împingător pneumatic **12** pentru direcționarea rebut irecuperabil NO2 pe **10**;

Sistemul propus, conform invenției, fig. 3, funcționează astfel :

Prin comanda dată de la unitatea de calcul **1'**, piesa de examinat **9**, este condusă de banda transportoare **8** până la dispozitivul automat de manipulare, deplasare și rotire **1**. Piesa de examinat **9** este dusă și poziționată corespunzător de **1** este condusă în modulul echipament de examinare cu radiații penetrante **2**. Prin comanda dată de unitatea de calcul **1'**, **9** este examinat iar imaginea radiografică **3**, este stocată în **1'** și prelucrată prin cele 3 module : de procesare a imaginii **4**, de extracție a caracteristicilor **5** și de detecție de nivel înalt **6**. Prin compararea în unitatea de calcul **1'** a rezultatelor prelucrărilor obținute cu cele 3 module cu cerințele de inspecție specifice produsului analizat (baza de date B) și neconformitățile posibile prezentate într-o bază de date C, se emite în mod automat fără intervenția factorului uman, decizia cu privire la admiterea sau respingerea produsului analizat.

Decizia luată, în mod automat, poate conduce la următoarele situații :

A- dacă produsul este catalogat admis (YES), **1'** dă comandă benzii transportoare **8** și piesa este condusă în locul de stocare al produselor acceptate.

B- dacă produsul este catalogat rebut recuperabil, **1'** dă comandă benzii **8** și la limitatorul **14**, iar piesa este transportată până la limitatorul **14**. În momentul în care piesa atinge limitatorul **14**, informația este transmisă către unitatea de calcul **1'** care dă comandă împingătorului **13** ce conduce piesa către banda **11** ce va conduce piesa în locul de stocare al pieselor de tip rebut recuperabil pentru procesarea ulterioară a acestora;

C- dacă produsul este catalogat rebut irecuperabil, unitatea de calcul **1'** dă comandă la banda **8** și la limitatorul **15**, iar piesa este transportată până la limitatorul **15**. În momentul în care piesa atinge limitatorul **15**, informația este transmisă către unitatea de comandă **1'** care dă comandă împingătorului **12** ce conduce piesa către banda **10** ce va conduce piesa în locul de stocare al pieselor de tip rebut irecuperabil.

Sistemului împingător **12** sau **13**, conform invenției, funcționează astfel:

În urma deciziei unității de calcul cu privire la produsul de examinat care poate fi „produs conform” (YES), „rebut recuperabil” (NO1), „rebut irecuperabil” (NO2), prin intermediul unei interfețe de comandă se activează limitatorii de cursă corepunzători împingătorului **12** sau **13** detaliat în figura 4. În momentul în care piesa de examinat intră în contact cu limitatorul ce este legat direct la unitatea de control, aceasta da comanda către valva **2** care va permite aerului comprimat din rezervorul **1**, ce a fost umplut în prealabil de la compresorul **6**, să ajungă prin intermediul țevilor **7** la pistonul **5**. Presiunea aerului comprimat este reglată de regulatorul **3**. Pistonul **5**, așezat pe un dispozitiv **4** la capătul căruia se află amplasată o piesă de formă paralelipipedică ce are rolul de a mări suprafața de contact cu piesa de examinat, dar și de protecție a pistonului **5**, va împinge piesa de examinat pe banda rulantă corespunzătoare deciziei NO1 pentru împingătorul **12**, respectiv NO2 pentru împingătorul **13**.

### Revendicări:

1. Metoda de evaluare a calității produselor industriale bazată pe inteligență artificială și de selectare a acestora pe fluxul de producție, prin examinarea cu radiații penetrante și evaluarea automată a imaginilor radiografice (roentgonice) obținute, caracterizată prin aceea că, este realizată prin fazele de:

- achiziționare a unei imagini compuse a produsului/produselor examinate, pre-amplasate pe un dispozitiv mecanizat de manipulare și adus în dreptul unui echipament de examinare cu radiații penetrante;

- procesarea de nivel scăzut a imaginii rezultate cu o unitate de calcul, - procesarea finală a imaginii rezultate cu unitatea de calcul, în final dându-se în mod automat un verdict de ADMIS/RESPINS („produs conform”, „rebut recuperabil” sau „rebut irecuperabil”) (al produsului din punct de vedere calitativ, în cazul deciziei RESPINS produsul fiind îndepărtat automat la comanda unității de calcul, caracterizat prin aceea că, procesarea cu o unitate de calcul a imaginii rezultate din examinarea cu radiații penetrante este realizată prin segmentarea imaginii cu ajutorul unei rețele neuronale Hopfield, extragerea caracteristicilor relevante din imaginile zonelor selectate și detecția de nivel înalt a eventualelor defecte, bazată pe logica fuzzy, printr-un modul de detecție de nivel înalt de filtrare a zonelor selectate și pe baza cerințelor de inspecție specifice produsului analizat, anterior introduse în baza de date a modulului de procesare a imaginii, al unității de calcul, iar respingerea produselor cu defecte este realizată selectiv, pentru produse-rebut și pentru produse reconșionabile, cu același dispozitiv mecanizat de manipulare.

2. Instalație de evaluare a calității produselor industriale bazată pe inteligență artificială compus din :

- un dispozitiv automat de manipulare, deplasare și rotire (1) pentru deplasarea automată a produsului examinat; - un echipament de examinare cu radiații penetrante (2); - un sistem de preluarea automată a imaginii radiografice (3) și transmiterea către o unitate de calcul (1') - o banda transportoare (8) principală;

- o banda transportoare (10) pentru conducerea produsului de tip rebut irecuperabil NO2;

- două benzi transportoare (10, 11) pentru conducerea produsului de tip rebut, doi limitatori (14, 15) pentru stoparea produsului și doi împingători pneumatici (12, 13) pentru direcționarea produsului-rebut, caracterizată prin aceea că

unitatea de calcul (1) are în componență: - modul de procesare a imaginii (4); un modul de extracție de caracteristice (5); - modul de detecție de nivel înalt (6); - un modul de acționare a unui dispozitiv mecanizat de manipulare, deplasare și rotire (7), și comandă benzile transportoare (8, 10, 11), limitatorii (14, 15) și împingătorii pneumatici (12, 13) astfel încât rebuturile recuperabil NO1 să fie

stopate cu limitatorul (14) și împinse cu împingătorul pneumatic (12) pe banda transportoare (10) iar rebuturile nerecuperabile NO2 să fie stopate cu limitatorul (15) și împinse cu împingătorul pneumatic (12) pe banda transportoare (10).

3. Instalație de evaluare a calității produselor industriale , conform revendicării 2, caracterizată prin aceea că, împingătorul pneumatic (12, 13) de scoatere automată de pe bandă a produselor respinse la evaluarea automată, se compune din (figura 4) valva (2), ce primește comandă de la unitatea de calcul, rezervorul de stocare aer (1), compresorul (6), țevi alimentare aer comprimat (7), piston (5), regulatorul de presiune (3), dispozitiv de așezare (4) a pistonului, piesă de formă paralelipipedică (8) ce are rolul de a mări suprafața de contact cu piesa de examinat dar și de protecție a pistonului (5).



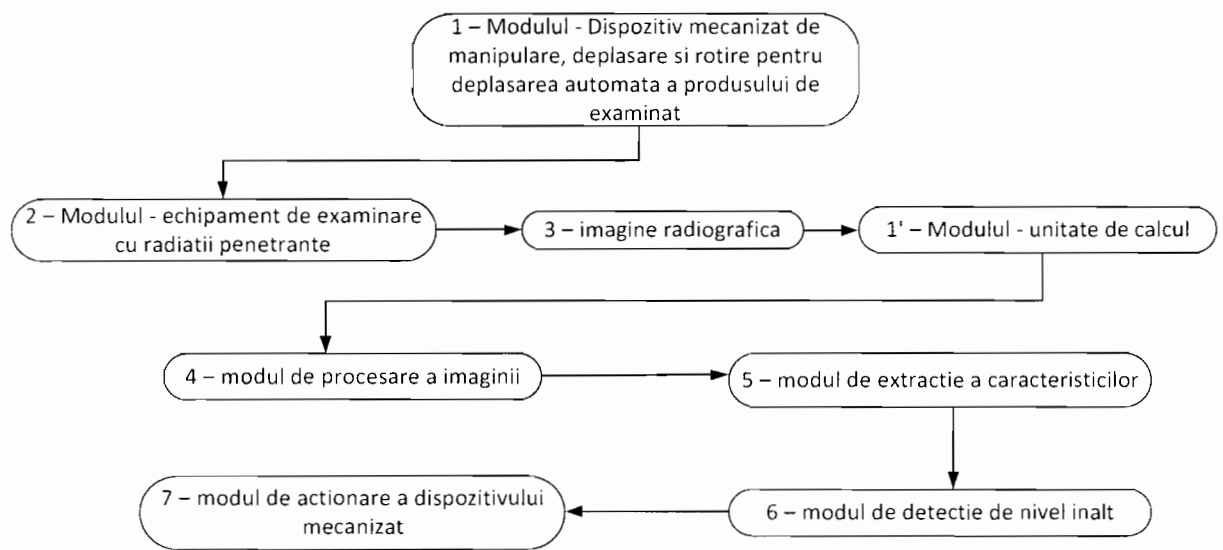


Fig. 1 .Modulele sistemului propus

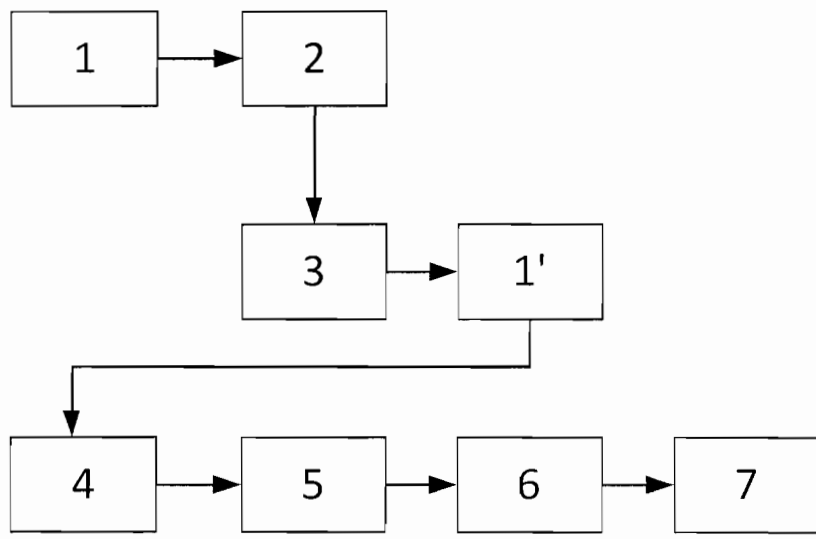


Fig. 1 .Modulele sistemului propus

14-07-2011

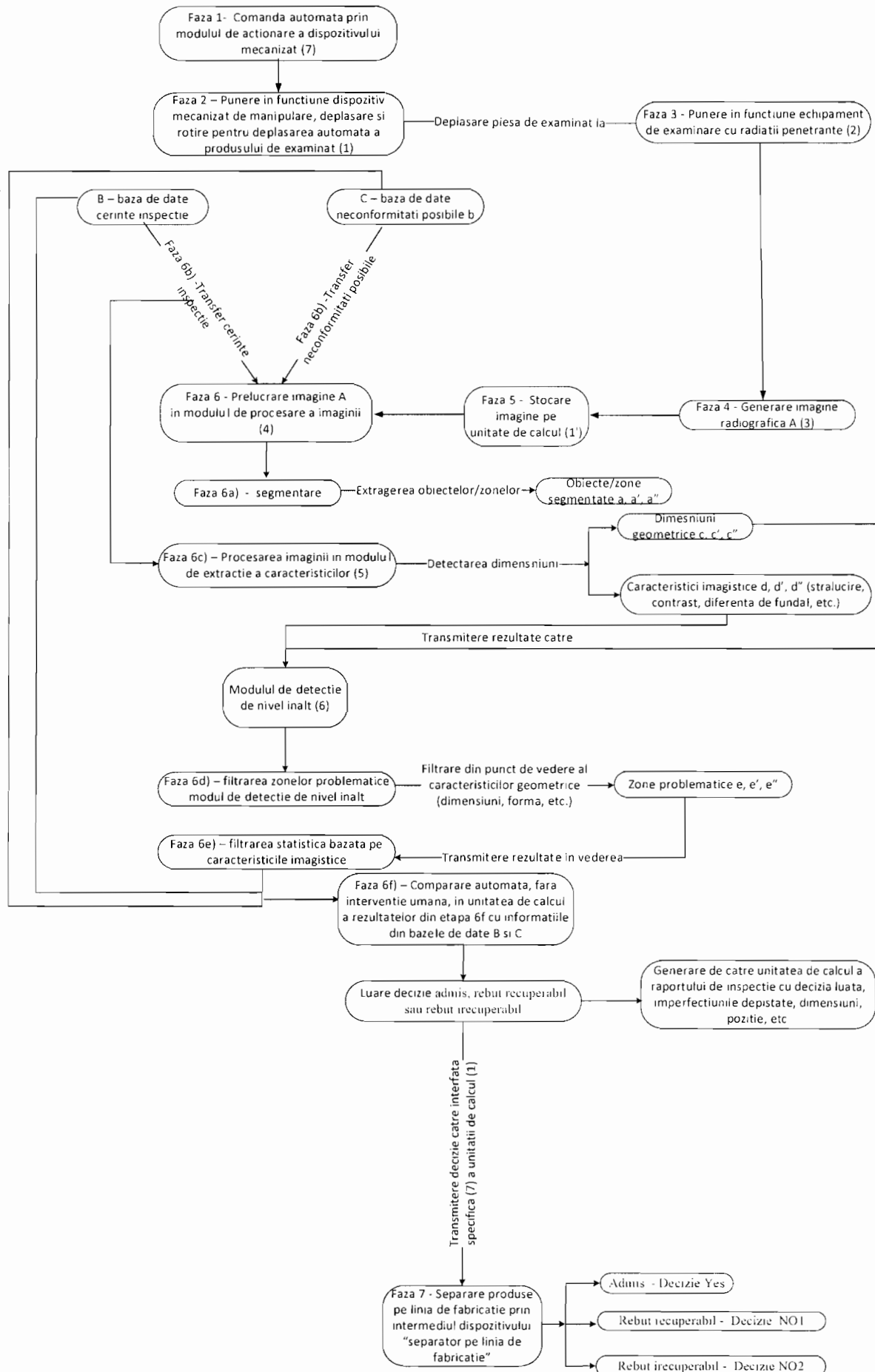


Fig. 2. Fazele metodei conform invenției.

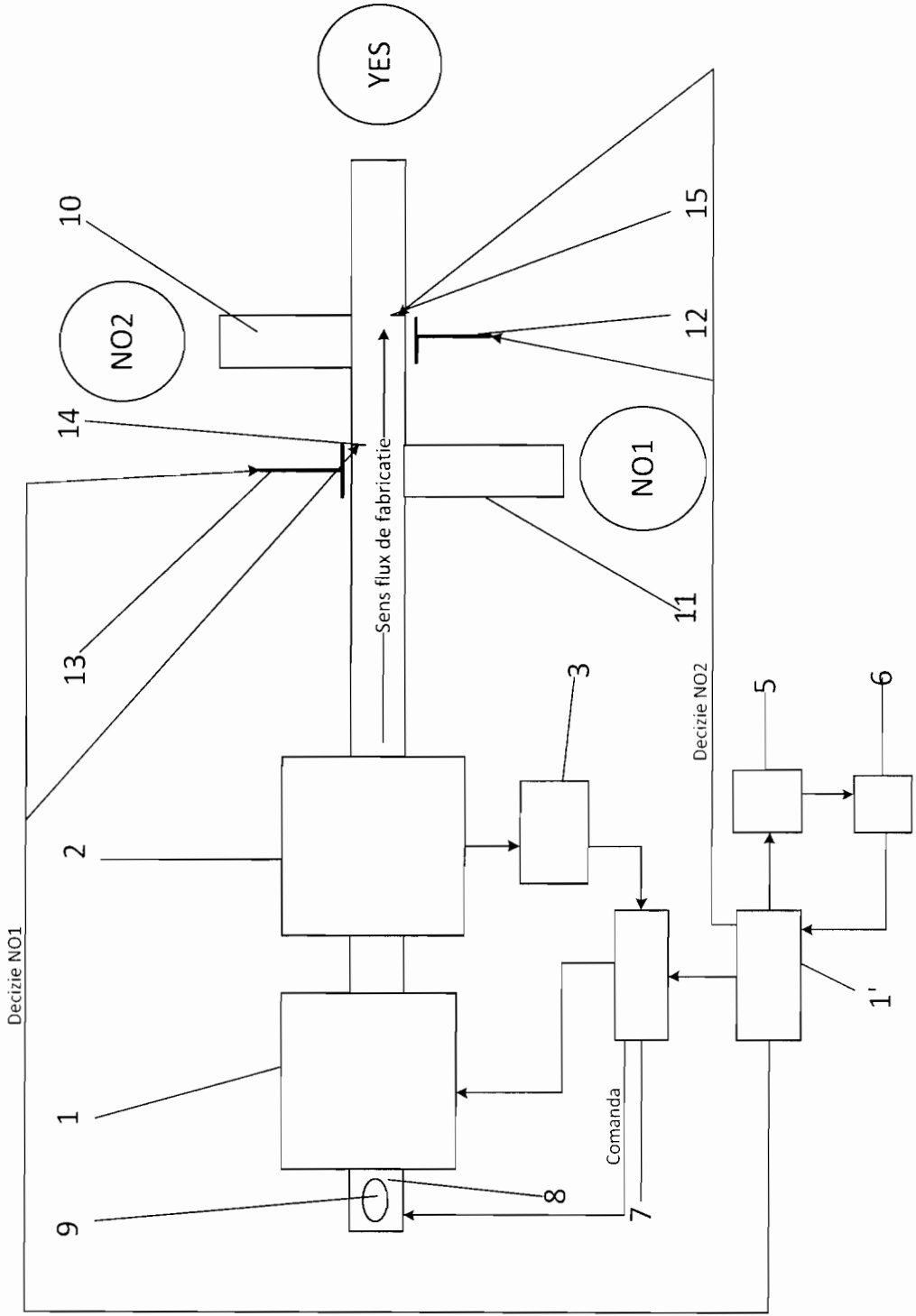


Fig. 3. Sistemul propus

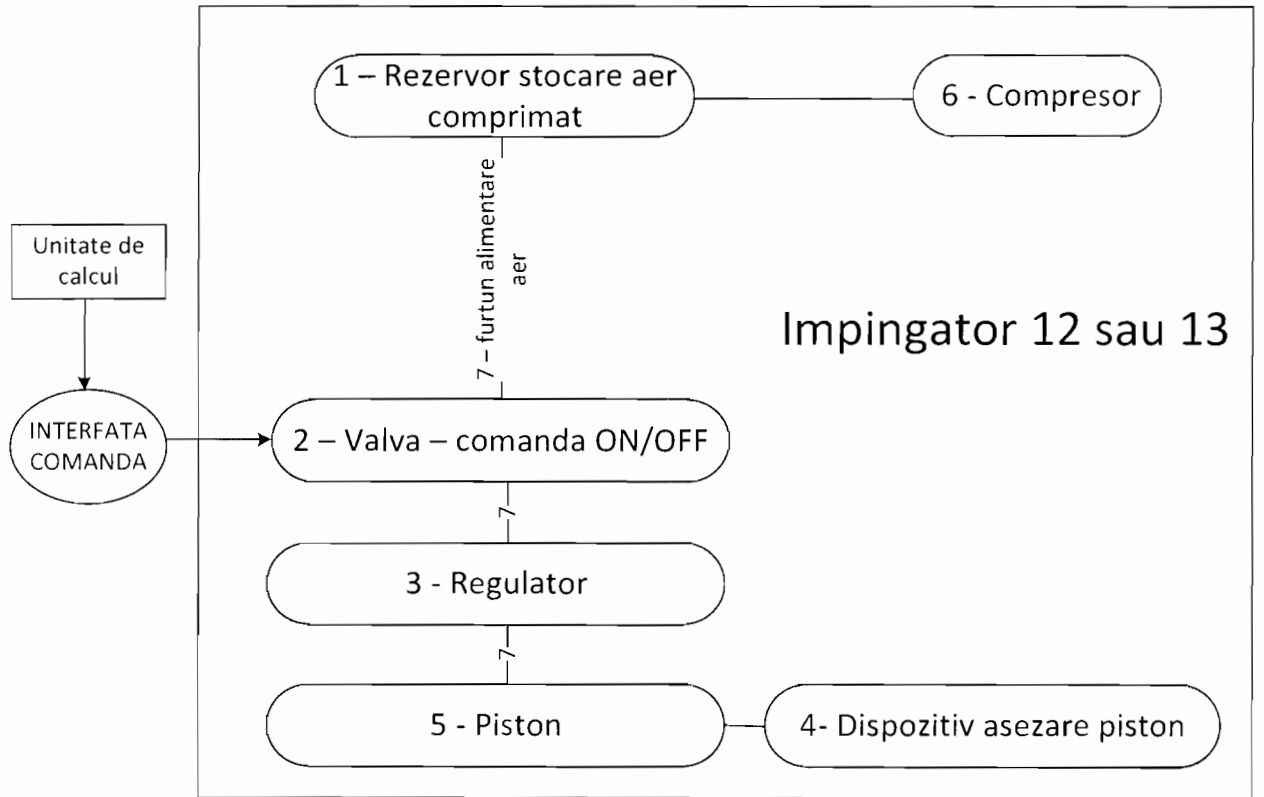


Fig. 4. Sistemul de împingere