



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2023 00051**

(22) Data de depozit: **07/02/2023**

(41) Data publicării cererii:  
**29/12/2023** BOPI nr. **12/2023**

(71) Solicitant:  
• **ETA2U S.R.L., STR.GH.DIMA, NR.1,**  
**TIMIȘOARA, TM, RO**

(72) Inventatori:  
• **LUCACIU ROMULUS, BD.TAKE**  
**IONESCU, NR.47, ET.8, AP.67, TIMIȘOARA,**  
**TM, RO**

(74) Mandatar:  
**CABINET DE PROPRIETATE**  
**INDUSTRIALĂ TUDOR ICLĂNZAN,**  
**PIAȚA VICTORIEI NR.5, SC.D, AP.2,**  
**TIMIȘOARA, TM**

(54) **SISTEM ȘI METODĂ PENTRU SUPRAVEGHEREA  
ECHIPAMENTELOR DE PRODUCȚIE ȘI ESTIMAREA  
EFICIENȚEI DE FUNCȚIONARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și la o metodă pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare. Sistemul conform invenției cuprinde:

-un senzor (102) atașat unui echipament (199) de producție și amplasat astfel încât să măsoare un efect fizic generat de echipament în timpul funcționării, de materialul sau de piesa produsă de acesta,

-un subsistem (101) de achiziție conectat cu senzorul (102) și care achiziționează semnalul produs de senzor, îl eșantionează, îl normalizează și îl cuantifică într-o serie numerică,

-un subsistem (103) de analiză a stării care, pe baza semnalului achiziționat, determină starea echipamentului la un moment de timp și produce evenimente de stare care au momentul de timp, durata și parametri de producție estimați sincronizați și corelați cu momentul de timp, durata și parametri de producție măsurați ai ciclurilor de producție ale echipamentului de producție și care sunt detectați prin metode de analiză de semnal și

-un subsistem (106) de analiză a indicatorilor de performanță cheie (KPI) care, pe baza evenimentelor de stare detectate, pentru o perioadă de timp

aleasă, calculează parametri de disponibilitate, eficiență și calitate a productivității echipamentului (199) și estimează eficiența totală a acesteia.

Revendicări: 12

Figuri: 10

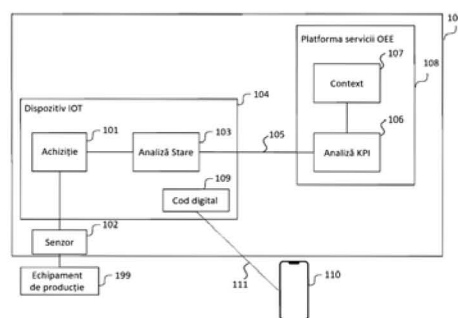
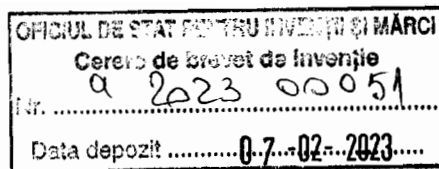


Fig. 2





## **SISTEM ȘI METODĂ PENTRU SUPRAVEGHEREA ECHIPAMENTELOR DE PRODUCȚIE ȘI ESTIMAREA EFICIENȚEI DE FUNCȚIONARE**

Domeniul invenției este cel al sistemelor și metodelor de monitorizare al echipamentelor de producție organizate în linii de producție și care generează indicatori de performanță cheie KPI ce descriu eficiența globală a echipamentului (i.e. disponibilitatea, performanța și calitatea) și care pot fi urmăriți în timp real de un operator sau agregați și analizați ulterior pentru analiză și care sunt cunoscute în literatura de specialitate anglo-saxonă sub acronimul de sisteme OEE (i.e. "Overall Equipment Effectiveness").

Domeniile de clasificare cooperative a brevetelor aferente sistemelor OEE sunt G05B19/4184 și respectiv Y02P90/02.

Așa cum este cunoscut din stadiul tehnicii, sistemele OEE utilizează dispozitive de achiziție a parametrilor de funcționare ai echipamentelor și în caz particular dispozitive de achiziție cu senzori non-intruzivi ce sunt atașați echipamentelor de producție în anumite puncte de funcționare, și care oferă avantajul unei integrări ușoare în sensul că echipamentele de producție nu trebuie modificate pentru a putea fi monitorizate și nici nu este necesară dezvoltarea de programe software de interfațare specializate denumite și "drivere" care să comunice cu echipamentele și care fac astfel posibilă monitorizarea echipamentelor inclusiv a celor vechi și care nu au fost inițial gândite pentru a fi integrate într-un sistem OEE.

Tot din stadiul tehnicii, sunt cunoscuți senzorii non-intruzivi și dispozitivele de achiziție a semnalelor corespunzătoare parametrilor fizici mășurați de aceștia precum curentul electric, frecvența, tensiunea electrică printr-un cablu și/sau, câmpul electromagnetic sau, vibrația, rotația, poziția sau accelerația unui subansamblu și/sau, temperatura sau alți parametri de mediu precum presiunea, debitul sau PH-ul unui fluid și/sau, intensitatea luminoasă, culoarea, polarizarea unui fascicul luminos și/sau o imagine a echipamentului sau a unei piese aflată în procesare și care sunt mășurați și transmiși spre procesare către un modul sau dispozitiv receptor preferabil sub forma unui flux de date transmis prin intermediul unei rețele de comunicații.

Așa cum este cunoscut din stadiul tehnicii și în particular în cazul sistemelor OEE cu senzori non-intruzivi, starea unui echipament poate fi determinată prin analiza semnalelor achiziționate de la senzori atașați echipamentelor.

Tot din stadiul tehnicii, sunt cunoscute panourile de operare Andon atașate mașinilor de producție și care sunt cunoscute sub termenul anglo-saxon omonim și care permit operatorilor semnalarea erorilor, emiterea unor evenimente sau alegerea parametrilor de producție.

Tot din stadiul tehnicii sunt cunoscute tehnicile de analiză a semnalelor eșantionate și care sunt serii temporale și în mod specific:

- algoritmi de analiza temporală sau spectrală clasici ce permit determinarea stării unui semnal sau,
- platformele de procesare a evenimentelor complexe CEP și aplicațiile lor și care permit analiza în timp real a semnalelor sau a fluxurilor de evenimente și detectarea unor comportamente folosind predicate cauzale sau,
- metodele de învățare automată nesupervizată sau supervizată ce permit analiza, segmentarea, clasificarea și/sau predicția seriilor temporale și, spre exemplu și în particular, rețelele neuronale recurente RNN, rețelele de tip LSTM, rețelele de clasificare de tip Encoder-Decoder, algoritmi de segmentare KNN, algoritmi de tip pădure de decizie TSF, analiza Fourier simbolică SFA, algoritmi de clasificare pe baza de dicționar DBC și,

care descriu semnalul analizat sub forma unei evoluții de stări și evenimente clasificate și care au parametri. Spre exemplu și în particular, în medicină, electrocardiogramele EKG pot fi analizate și clasificate fiind recunoscute automat fazele cardiace și punctele PQRST, anomaliile acestora și alți parametri extrași din semnal și care sunt corelați cu procesele de pompare sangvină specifice mușchiului cardiac și valvelor și care pot fi folosiți ulterior pentru generarea unui diagnostic. În mod similar, o mașină de producție și în particular spre exemplu o mașină pentru injecția materialelor plastice ce produce o anumită piesă poate fi monitorizată din punct de vedere al consumului de curent sau al mișcării subansamblelor sau al sunetului produs, semnale ce sunt exprimate sub forma unor serii temporale și care prin analiza pot fi clasificate fiind recunoscute din semnal fazele de producție, temporizarea și succesiunea acestora, cantitatea de material injectat, tipul piesei produse ce poate fi recunoscut din succesiunea și durata pașilor sau alți parametri de producție.

Este cunoscut sistemul Monitor-Box produs de compania MGC din Olanda și care este specializată pe injecția pieselor din material plastic. Sistemul este o soluție generică de monitorizare non intruzivă prin senzori ce măsoară și raportează periodic variația câmpului magnetic, vibrațiile, trecerea unei bariere cu senzor de lumină, scanarea unei piese cu un cod de bare ș.a.m.d. prezentă la o stație de lucru sau echipament de pe linia de producție. Datele colectate de dispozitivele Andon sau dispozitivele cu senzori sunt evenimente și/sau serii temporale și sunt raportate printr-o rețea de comunicații către un serviciu central în Cloud-ul internet ce achiziționează parametrii de funcționare ai mașinii și contextul de producție introdus de un operator prin terminal Andon. Serviciul de monitorizare central în Cloud are mai multe funcții pentru:

- validarea datelor achiziționate și,
- stocarea securizată a datelor și,
- măsurarea continuă, raportarea periodică și afișarea stării mașinilor și,
- definirea de praguri de alertă și notificări automate (i.e. cine, când și dacă) și,
- definirea și prezentarea de metrici de productivitate cu diverse filtre.

Nu este suportată gruparea productivității per proiecte ci doar per mașină, linie sau locație.

- comunicațiile sunt securizate și autentificate.

Observăm că, sistemul Monitor-Box permite monitorizarea semnalelor discrete de tip pornit-oprit, dar nu poate determina comportamentul și a fazele de producție și/sau comportamentul echipamentului din semnale achiziționate și care deși sunt serii temporale de eșantioane numerice ele nu sunt analizate în detaliu.

Tot din stadiul tehnicii este cunoscut și sistemul AI-Sight al startup-ului german omonim și care este o soluție de monitorizare continuă și mentenanța predictivă a echipamentelor de producție și cu precădere a motoarelor sau subansamblelor industriale rotative cărora le sunt atașate dispozitivele inteligente AI-Sight și care sunt dispozitive IOT cu senzori de vibrație, viteză, câmp magnetic sau temperatură ce sunt măsurați continuu și analizați printr-o rețea neuronală ce învață comportamentul normal iar, atunci când există deviații de la acesta, raportează starea anormală la un serviciu central de tip Cloud. Spre exemplu, acest sistem poate fi utilizat pentru monitorizarea unui sistem de pompare industrial care determină din

analiza semnalului de vibrație (i.e. generat de palele rotative și/sau rulmenții pompei aflați în mișcare) sau a semnalului variației fluxului magnetic (i.e. generat de motorul pompei) dacă pompa este pornită, oprită sau funcționează anormal deoarece vibrațiile sau variația câmpului magnetic sunt diferite de cazul nominal.

Observăm că, sistemul AI-Sight este unul inteligent, dar limitat deoarece nu permite distingerea sau interpretarea contextuală a semnalelor achiziționate. Nu este posibilă deci identificarea fazelor de lucru ale echipamentului, a duratelor acestora sau a parametrilor de funcționare și nici interpretarea diferită a datelor achiziționate în funcție de context. Spre exemplu, pentru un regim de mentenanță, parametrii pompei sunt diferiți iar starea, deși diferită de cea nominală, nu trebuie interpretată ca o eroare.

Este cunoscut și platforma Tulip al firmei omonime și care este o soluție pentru digitizarea proceselor de producție ce folosește platforma de integrare a dispozitivelor hardware Node-Red al firmei IBM și care cuprinde și funcționalități OEE. Platforma Tulip cuprinde:

- dispozitive poartă Gateway cu porturi digitale de intrare și ieșire GPIO, convertoare analog numerice CAN și numeric analogice CNA, interfețe fizice de conectare a dispozitivelor hardware SPI, I2C, RS232, RS485 sau USB și care permit conectarea de senzori, relee, butoane, întrerupătoare sau alte dispozitive, dispozitivele gateway fiind prevăzute și cu interfețe de conectare la rețele de comunicații locale sau internet și,
- o aplicație pentru definirea aplicațiilor Andon personalizabile și care atunci când rulează sunt interfața pentru operatori cu sistemul Tulip și,
- un player ce permite rularea aplicațiilor Andon definite pe calculatoare, tablete sau telefoane mobile și care sunt terminale Andon și,
- o infrastructura de servicii Cloud pentru procesare a evenimentelor și afișarea statisticilor,

Observăm că, platforma Tulip vizează cu precădere integrarea senzorilor conectați la echipamentele de producție, definirea și executarea interfețelor cu operatori ce sunt prezentați pe terminale Andon și definirea fluxului de producție dar, este limitată în ceea ce privește:

- procesarea semnalelor provenite de la senzori în sensul că nu sunt oferite soluții pentru procesarea generică a semnalelor fiind posibilă extinderea prin plug-in-uri de procesare și de predicate logice de agregare sau,
- securitatea și autenticitatea datelor sau,
- stocarea și exploatarea eficientă a datelor ce au un volum mare sau,
- auto configurarea senzorilor în sensul că aceștia trebuie definiți manual sau,
- sincronizarea în timp real a semnalelor.

Tot din stadiul artei, este cunoscut brevetul US20120084031A1 și care propune o metodă și un dispozitiv pentru determinarea stării unui echipament dintr-un semnal eșantionat de tip serie temporală și care este achiziționat de la un senzor atașat dispozitivului ce măsoară un parametru corelat cu starea echipamentului. Conform brevetului, pentru determinarea cauzei modificării stării echipamentului este necesară intervenția operatorilor, acest lucru este obositor deoarece spre exemplu, atunci când o operație de calibrare sau mentenanță este repetată, trebuie ca de fiecare dată operatorul să introducă motivul schimbării stării deși motivul este același.

Observăm că ușurința de utilizare a sistemelor OEE cunoscute nu este optimă fiind necesare configurarea manuală și crearea de algoritmi specializați de analiză a semnalelor. În mod ideal:

- adăugarea de senzori noi ar trebui să fie automată sau cel puțin fără efort și,
- identificarea stării unui echipament nou sau care produce un produs nou conform unui program de producție să nu necesite dezvoltarea de algoritmi noi ci eventual etichetarea unor exemple de semnale și,
- interacțiunea operatorilor cu sistemul trebuie minimizată pentru a reduce timpii de producție și oboseala cognitivă datorată activităților repetitive identice și interacțiunii cu terminalele Andon.

Observăm de asemenea că sistemelor OEE existente sunt construite pe premise de exploatare și securitate a datelor restrictive ce nu corespund legislației pentru protecția datelor cu caracter personal GDPR și nici nu permit protecția informațiilor critice ce trebuie partajate cu terțe părți în sensul că este presupus că:

- utilizatorii sistemului sunt "interni" firmei și au dreptul să acceseze datele de producție conform unei liste de acces ACL dar, deoarece procesarea și stocarea datelor este în Cloud-ul internet acest model de securitate este riscant și/sau,
- datele recepționate în Cloud sunt autentice și sunt reale și/sau,
- datele stocate în Cloud-ul internet nu sunt false dar,

Aceste premize nu sunt valide pentru platformele de tip multi-chiriași din Cloud-ul internet și în mod special pentru industriile critice precum Farma, Aerospațial, Auto, Apărare etc.

Astfel, problema tehnică ce se dorește a fi soluționată este găsirea unei metode și a unui sistem pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare, adică a unui sistem OEE a cărui configurare și operare să fie simplificate în sensul că:

- în timpul configurării:
  - configurarea senzorilor adăugați să fie preferabil automată sau cel puțin interacțiunile manuale să fie reduse fiind necesară doar confirmarea datelor de conectare și nu introducerea lor și ne fiind necesare calibrări sau adaptări și/sau,
- în timpul operării:
  - detecția stărilor echipamentului din semnalul achiziționat să nu presupună dezvoltarea de algoritmi noi ci doar o etapă de antrenare-calibrare automată și o etapă de etichetare/clasificare/predicție în care sunt identificate stările și parametrii de producție din exemple de semnal și/sau,
  - stările detectate să fie interpretate contextual, contextul (i.e. proiectul, operatorul, faza de producție curente etc) fiind preferabil introdus sau citit automat de la un serviciu extern preferabil fără intervenția operatorilor, interacțiunea cu aceștia fiind preferabil complet automatizată sau redusă la o simplă confirmare a operatorului pe un terminal Andon.

Sistemul pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare, conform invenției este constituit din:

- **un senzor** atașat unui echipament de producție;
- **un sub-sistem de achiziție** conectat cu senzorii;

- **un sub-sistem de analiză a stării** pe baza semnalului achiziționat în timp discret;
- **un sub-sistem de analiză KPI** care calculează parametrii de disponibilitate, de eficiență și calitate a productivității mașinii pentru un context precizat.

Metoda pentru supravegherea unui ansamblu de echipamente de producție și estimarea eficienței de funcționare cuprinde fazele de:

- *achiziție semnal* de la senzori atașați unui echipament de producție și,
- *analiză a stării* în care pe baza semnalului achiziționat sunt produse evenimente de stare corelate ca timp, durată și parametrii cu semnalul ciclilor de producție ai echipamentului și care sunt detectați prin metode de analiză de semnal și,
- *analiză KPI* care pe baza evenimentelor de stare calculează parametrii KPI de disponibilitate, de eficiență și calitate a productivității mașinii și estimează eficiența totală a acesteia,

și care este caracterizată prin aceea că mai cuprinde și faza de:

- *caracterizare și antrenare* în care clasificatorii și predictorii folosiți în faza de analiză a stării pe timpul funcționării sunt configurați și antrenați.

Sistemul și metoda pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare, conform invenției achiziționează semnale și/sau evenimente de la echipamentele de producție și care sunt corelate cu starea lor de funcționare și, prin prelucrarea acestora determinată ciclul de funcționare și parametrii lor producând metrici sau parametrii cheie de productivitate KPI ce sunt utilizați de șefii de schimb, operatori sau manageri pentru identificarea productivității pentru fiecare loc de muncă și echipament.

Construirea și utilizarea unui sistem OEE este costisitoare ca efort (i.e. timp, complexitate, eforturi de dezvoltare etc.) fiind dorită reducerea costurilor de integrare și exploatare. Astfel, sunt preferați senzorii generici preferabil non intrusivi ce măsoară parametrii corelați cu ciclul de funcționare al echipamentelor și care pot fi atașați ușor fără a aduce modificări substanțiale acestora și care nu necesită eforturi de integrare și configurare.

Senzorii și dispozitivele de monitorizare IOT non intruzivi există, sunt cunoscuți și utilizați pe scară largă în sistemele OEE. Totuși, integrarea acestora necesită cunoștințe speciale de instalare și un efort de configurare care preferabil ar trebui redus.



Conform unui prim aspect dorit, adăugarea unui senzor nou în sistem se dorește a fi fără efort. Ideal, tehnicianul de instalare ar trebui doar să atașeze senzorul de echipament conform procedurii de montaj și să îl pornească configurarea făcându-se automat sau cu un număr limitat de pași care, preferabil, ar trebui să nu necesite cunoștințe a procedurii de configurare și date specifice ci eventual o confirmare.

Conform unui prim aspect specific acestei invenții, senzorii IOT fără fir sunt prevăzuți cu un cod digital atașat și care este preferabil o etichetă cu un code de bare, o etichetă NFC, un emițător du diodă LED, un difuzor, un emițător radio, un ecran sau orice sub ansamblu ce emite un semnal cu codul digital sau este un suport citibil de către un dispozitiv de configurare extern, dispozitivul fiind configurat să citească codul digital și să determine din acesta sau pe baza acestuia un set de parametri de comunicare. Aceștia trebuie să interacționeze dispozitivului cu senzorul și care transmite senzorului printr-un canal de comunicație pe care acesta este configurat să asculte și a cărui parametri sunt determinați din sau pe baza codului digital și care transmite senzorului o configurație ce este aplicată și permite senzorului să comunice printr-o rețea fără fir cu un serviciu de configurare extern prestabilit sau a căror parametri sunt transmiși de dispozitivul de configurare.

Observăm că, chiar dacă un sistem OEE este instalat și configurat în sensul că echipamentele de producție au fost echipate cu senzori IOT și sistemul poate achiziționa semnale, interpretarea acestora este specifică mașinii, industriei și a unui proces de producție ce este diferit de la proiect la proiect. Astfel, parametri de funcționare și cicli de producție trebuie determinați din semnalul achiziționat însă, deoarece forma semnalelor și interpretarea lor este specifică, nu există un algoritm universal și nici un set de parametri unici ce ar putea fi determinați din semnal și care ar fi utili pentru orice proiect. Spre exemplu, o aceeași mașină pentru injecția materialelor plastice și care este monitorizată cu un senzor de curent sau de presiune, în funcție de piesa produsă și de parametri de funcționare produce semnale diferite din care, prin analiză, se dorește identificarea ciclilor de producție și parametrii acestora și pe baza cărora pot fi determinați parametri de eficiență ai productivității echipamentului.

Conform unui prim aspect dorit, un sistem OEE ideal ar trebui să poată determina cicli de producție din semnalul monitorizat fără a fi necesară schimbarea sau adaptarea algoritmilor de detecție ci, cel mult, fiind necesară o etapă de configurare sau calibrare în care pe baza unui semnal pilot/exemplu și/sau pe baza unor parametri de configurație să fie

posibilă recunoașterea ulterioară și determinarea ciclilor de producție din semnalul monitorizat pe perioada producției propriu zise.

Conform unui aspect principal al acestei invenții, un semnal pilot adică un semnal de referință al unui ciclu de producție achiziționat de la o mașină de producție ce produce o piesă specifică este afișat, iar operatorul definește punctele cheie ce delimitează etapele de producție și valorile unui număr de parametri specifici lor iar un subsistem de configurare determină pe baza lor un ansamblu de ferestre de procesare alunecătoare de analiză ce cuprind o secvență de eșantioane și care sunt aplicate în timpul analizei unui semnal real și introduse într-un subsistem de detecție al ciclilor de producție fiind preferabil folosite pentru învățarea supervizată a unei rețele neuronale de tip CNN sau preferabil RNN, LSTM, Encoder-Decoder sau echivalente și care analizează semnalele reale și permit detecția ciclilor de producție și a punctelor lor cheie precum și a parametrilor de timp și semnal specifice lor.

Conform unui alt aspect dorit, într-un sistem OEE, chiar dacă cicli de producție și parametri acestora ar putea fii determinați, în lipsa cunoașterii contextului de funcționare al echipamentelor și care precizează condițiile în care un ciclu de producție este executat, este practic imposibilă determinarea corectă a indicatorilor OEE și interpretarea acestora. Spre exemplu, un același ciclu de producție trebuie interpretat diferit dacă este într-o perioadă de mentenanță/calibrare sau dacă este pe perioada unui schimb de producție sau de la operator la altul când sunt produse piese pentru un proiect specific unui client. Similar, timpii și rata erorilor sau a anomaliilor pe perioada unui proiect nu trebuie raportate și interpretate doar global ci pot fii interpretate și în particular pentru proiectul curent, contextul de interpretare fiind diferit în funcție de echipament, proiect, schimb, operator, faza de operare etc. Tot spre exemplu, pentru două piese diferite aparținând unor proiecte diferite și care sunt produse pe un același echipament, semnalele și cicli de producție sunt diferiți și ceea ce ar putea fii considerat corect pentru un proiect este o eroare pentru un altul.

Conform unui alt aspect dorit, sistemele Andon deși permit interacțiunea și introducerea manuală a contextului de funcționare de către operatorii, supervizorii de calitate sau de șefii de linie/tură aceste interacțiuni trebuie să fie reduse și limitate din diferite motive ele necesitând pe de o parte un efort cognitiv și pe de altă parte fiind un risc de raportare deoarece, în funcție de rol drepturile în sistem, sunt diferite. Spre exemplu, atunci când o eroare este determinată automat din semnal, nu există motive pentru care operatorul să poată schimba datele raportului de incident ci doar și eventual să îl confirme printr-o acțiune.

Conform unui aspect important al acestei invenții, o bază de date cu planul de producție este folosită pentru generarea automată contextului și interpretarea datelor de producție, datele de producție fiind preferabil afișate dinamic și pe terminalele Andon ale echipamentelor de producție conform planificării pentru fiecare moment de timp iar, atunci când o anomalie este detectată ele sunt automat introduse în raportul de anomalie fiind necesară eventual doar confirmarea evenimentului și completarea de către operatori a observațiilor specifice. Spre exemplu, atunci când este detectată producerea unui rebut, ea este automat raportată pentru, mașina, linia, schimbul, operatorul, data și proiectul curent fiind necesară eventual confirmarea acesteia de către operator, iar calculul parametrilor de eficiență fiind realizat automat și conform contextului.

Alte avantaje sunt prezentate și vor deveni evidente din descrierea detaliată a unui exemplu de realizare a invenției.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în care oferim o descriere literară a funcționării unei implementări posibile ce trebuie înțeleasă larg și în care opțiunile de implementare alese nu sunt limitări ci exemple posibile și în legătură cu figurile care reprezintă:

- Figura 1    ilustrează componența sistemului OEE conform invenției conform unei implementări preferabile primare.
- Figura 2    ilustrează componența sistemului OEE conform invenției conform unei implementări preferabile secundare.
- Figura 3    prezintă un același ciclu de producție prin două semnale achiziționate concomitent de la doi senzori atașați unei mașini pentru injecția de mase plastice și precizează un număr de puncte de interes sau momentele cheie din ciclul de producție precizate de un operator.
- Figura 4a    ilustrează evoluția unui semnal achiziționat de la un senzor de presiune al unei mașini pentru injecție de materiale plastice pe perioada mai multor cicluri de producție grupate în două schimburi.
- Figura 4b    ilustrează corelat cu figura 3 evenimentele complexe determinate din ciclurile de producție.

- Figura 5 ilustrează evoluția unui context și evenimentele complexe asociate ciclilor de producție detectați.
- Figura 6 ilustrează pașii metodei de configurare și funcționare a sistemului OEE conform invenției și pentru o implementare preferabilă.
- Figura 7 prezintă printr-o diagrama de activități fazele metodei pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare fără a detalia pașii acestora.
- Figura 8 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de configurare fizică a metodei propuse pentru o implementare preferabilă.
- Figura 9 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de caracterizare și antrenare a metodei propuse pentru o implementare preferabilă.
- Figura 10 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de analiză KPI a metodei propuse pentru o implementare preferabilă.

Este de la sine înțeles că desenele și descrierea detaliată ce urmează a fi prezentate în continuare sunt oferite ca exemple preferabile ele nelimitând spiritul invenției și trebuind interpretate larg. De asemenea este evident că, pentru o persoană antrenată în domeniul sistemelor pentru măsurarea eficienței totale a echipamentelor de producție OEE, al prelucrării semnalelor reprezentate ca serii în timp discret și al procesării evenimentelor complexe, alte exemple și variante de implementări alternative sunt evidente și sunt ușor de identificat și extrapolat în spiritul invenției.

Prezenta invenție este ilustrată și descrisă în continuare. Aceleași referințe alfanumerice sunt utilizate pentru identificarea aceluiași element în diversele ilustrații. Referințele cu același prefix numeric urmat de un caracter sunt variante ale unei aceleiași entități.

Figura 1 ilustrează părțile componente ale sistemului OEE (100) conform invenției și pentru o implementare preferabilă acesta cuprinde un dispozitiv IOT (104) cu un senzor (102), dispozitivul fiind conectat printr-o rețea de comunicații (105) la o platformă de servicii OEE (108) iar, senzorul (102) intern dispozitivului IOT (104) este atașat de un echipament de producție (199) care nu face parte din sistem și a cărui funcționare este monitorizată de sistemul OEE(100).

Așa cum este bine cunoscut din stadiul tehnicii, dispozitivul de achiziție IOT (104) este preferabil un "sistem într-un cip" sau minicalculator autonom alcătuit dintr-o sursă de alimentare cu energie electrică, o unitate centrală de procesare o memorie nevolatilă în care sunt stocate programele soft ce sunt executate atunci când dispozitivul este alimentat și pornit, o memorie de date, o interfață de rețea sau de comunicații ce permite conectarea la platforma de servicii OEE (108) printr-o conexiune sau rețea cu fir ce implementează un standard de comunicații precum Ethernet sau printr-o rețea fără fir de tipul WIFI, Bluetooth, LoRA, NFC sau similară și, care mai conține și o interfață de achiziție și comandă numerică cu porturi GPIO, CAN, CNA, SPI și/sau I2C la care sunt conectați un număr de senzori (102).

Așa cum este bine cunoscut din stadiul tehnicii și într-o implementare preferabilă, dispozitivul IOT (104) este un sistem într-un cip de tipul ESP32, Pycom, Arduino sau similar alimentat de la o baterie/acumulator sau de la o sursă de curent externă și la care este conectat un senzor și spre exemplu un senzor Hall, un fototranzistor, un micro întrerupător, un senzor de curent/tensiune, de presiune, de temperatură, o cameră video sau orice alt senzor cunoscut din stadiul tehnicii.

Așa cum este bine cunoscut din stadiul tehnicii și conform implementări ilustrate în figura 1, dispozitivul de achiziție IOT (104) implementează preferabil prin funcții software și un subsistem de achiziție (101) care eșantionează periodic și cuantifică semnalul provenit de la senzorul (102) și raportează prin rețeaua de comunicații (105), la care este conectat, datele achiziționate sub forma unei serii temporale, raportarea fiind către un serviciu de analiză a stării (103) ce este un program sau serviciu software ce rulează preferabil în Cloud-ul internet sau pe un server și care implementează un algoritm de clasificare și predicție preferabil realizat printr-o rețea neuronală și preferabil printr-o rețea neuronală adaptată procesării seriilor de timp precum rețelele de tip RNN, LTSM, Encoder-Decoder sau o rețea neuronală de convoluție CNN și care recunoaște pentru orice moment din seria de timp starea echipamentului de producție (199) sau un parametru de funcționare ce poate fi extrapolat din semnal.

Conform implementări preferabile din figura 1, serviciul de analiză a stării (103) este configurat și pentru a combina și produce evenimente complexe de nivel înalt care sunt obținute din evenimentele de clasificare și din predicția parametrilor de producție folosind

predicate cu logică temporală și care sunt bine cunoscute din stadiul tehnici sistemelor pentru procesarea evenimentelor complexe CEP.

Conform unui aspect al acestei invenții, serviciul de analiză a stării (103) generează :

- evenimente primare generate direct din semnalul digital și care sunt:
  - o clasă sau etichetă ce descrie starea echipamentului de producție (199) în momentul respectiv și,
  - eventual, pentru fiecare parametru de producție ce se dorește a fi prezis o valoare prezisă din semnalul achiziționat și care este eventual prezisă doar pentru un moment cheie și,
- evenimente complexe care combină evenimentele primare folosind predicate de logică temporală și care sunt bine-cunoscute din stadiul tehnicii specific sistemelor CEP.

Conform unui aspect principal al acestei invenții, deși senzorii (102) și semnalele produse de aceștia sunt diferite de la caz la caz fiind diferite mărimile fizice măsurate, senzorii, echipamentele, pozițiile de montaj, produsele, procese de producție sau momente de timp, totuși algoritmi de clasificare și predicție nu trebuie modificați ci doar configurați de către operatori prin exemple de antrenare.

Conform implementări preferabile din figura 1, evenimentele generate de serviciul de analiză de stare (103) sunt introduse într-un serviciu de analiză KPI (106) care calculează parametrii KPI care sunt calculați pe baza evenimentelor și a unui context (107) cu parametri de producție. Formulele de calcul a parametrilor KPI sunt bine-cunoscute din stadiul tehnicii sistemelor OEE și sunt indicatori de producție cheie ce descriu performanța, calitatea și disponibilitatea echipamentelor dar care sunt calculate în conformitate cu contextul (107) care, într-o implementare preferabilă, este o bază de date relaționară în care contextul este un tabel asociativ cu parametrii de producție și valorile lor asociate ce evoluează în timp conform unui orar de producție și care descrie condițiile de producție precum data și ora, echipamentul folosit, proiectul, numărul schimbului de lucru, operatorul sau alți parametri de producție ce sunt planificați și cunoscuți.

Conform unui aspect principal al acestei invenții, parametri KPI generați sunt contextuali adică, calculul lor este realizat și se referă la intervalele de timp pentru care contextul de producție este constrâns. Spre exemplu, un manager poate compara productivitatea dar și

calitatea de la un proiect la altul, de la un schimb de lucru productiv la altul, dar nu pe timpul intervalelor de mentenanță sau calibrare.

Figura 2 ilustrează aceleași părți componente ale sistemului OEE (100) din figura 1 și care sunt conform invenției și conform unei implementări preferabile avansate în care serviciul de analiză de stare (103) este local și rulează sub forma unui program pe dispozitivul IOT (104), iar senzorul (102) este extern dispozitivului IOT (104).

Conform implementări ilustrate în figura 2 și conform unui aspect al acestei invenții, dispozitivul IOT (104) are un cod digital (109) accesibil pentru a fi citit de un dispozitiv de configurare extern (110) și care este preferabil un telefon sau un terminal mobil, codul digital fiind realizat sub forma unui cod de bare imprimat pe carcasa dispozitivului IOT (104) sau o etichetă NFC sau orice mecanism similar de identificare. Prin citirea acestuia, dispozitivul de configurare (110) determină o rețea de comunicații locală (111) și modalitatea de conectare și configurare a dispozitivului IOT (104) la platforma de servicii OEE (108) care în acest caz este un serviciu din Cloud-ul internet. Spre exemplu, codul digital poate conține identificatorul tipului și/sau numărul de serie al dispozitivului IOT (104) din care dispozitivul de configurare (110) determină spre exemplu prin interogarea unei baze de date rețeaua și protocolul de comunicare inițiale asociate codului și care este rețeaua de comunicații locală (111) pe care o alege și o utilizează pentru a transmite dispozitivului IOT (104) configurația ce cuprinde parametrii rețelei de comunicații (105), identificatorul și punctul de acces al platformei de servicii OEE (108). Spre exemplu, la citirea codului digital (109), dispozitivul de configurare (110):

- determina din cod că dispozitivul IOT (104) este un dispozitiv ZAXSense cu numărul serial 000254368 produs de compania ETA2U și care ascultă inițial pe o rețea WIFI locală cu numele ZAXSense\_000254368 fără parolă și,
- se conectează la rețeaua locală (111) și,
- descoperă adresa IP dinamică a dispozitivului care este 192.168.100 și,
- trimite către o adresă URL bine cunoscută echipamentelor de tipul ZAXSense și care este un <http://192.168.100/configure?> configurația ce permite conectarea prin rețeaua de comunicații (105) la sistemul OEE (108).

Este de la sine înțeles că alte scheme și modalități de configurare sunt posibile și evidente pentru o persoană instruită în domeniul IT și sunt în spiritul invenției.

Conform unui aspect al acestei invenții, senzorul (102) și/sau dispozitivul IOT (104) și/sau orice port de conectare al dispozitivului IOT (104) pot fi de asemenea prevăzute cu coduri digitale (109) care atunci când sunt scanate în ordine de dispozitivul de configurare (110) pot fi utilizate pentru a determina o configurație de împerechere și inițializare a sub ansamblelor ce urmează a fi conectate. Spre exemplu, scanarea consecutivă a codului digital atașat la un senzor (102) cu cel al unui port al dispozitivului IOT (109) determină ca acesta să primească configurația senzorului (102) și numărul portului pe care a fost atașat fiind necesară cel mult o confirmare a împerecherii de către operator. Acest mecanism de configurare extern are avantajul că poate fi utilizat și pentru senzori (102) sau dispozitive IOT (104) vechi care nu au protocoale de împerechere automate dar care sunt configurate să asculte inițial pe o rețea locală (111) prin care pot primi date de configurare.

Figura 3 prezintă ca exemple, un semnal de presiune (301) achiziționat de un senzor de presiune montat în cavitatea de injecție al unui echipament pentru injecția materialelor plastice și respectiv un semnal de curent obținut de la un senzor de curent montat pe cablul de alimentare al echipamentului și care sunt achiziționate concomitent și evoluează în tandem conform axei temporale (303). Semnalele reprezintă un ciclu de producție pentru producerea unei piese din plastic prin injecție termo-plastică. Sunt precizate momentele importante (303a-h) ce delimitează activități și faze de producție cunoscute și intervalele (304a-d) care sunt specifice producției de piese din plastic injectat.

Conform figurii 3, după pornirea echipamentului de injecție a materialelor plastice (303a) și închiderea matriței (303b) granulele din materiale topite sunt împinse printr-un melc în matriță până la un moment de sigilare (303c) ce delimitează sfârșitul fazei de injecție (304a) și începutul fazei de compactare (304b) în care plasticul este compactat de un cilindru de injecție până la momentul de presiune maximă (303d) după care, deși presiunea de compactare este menținută constantă în cilindru pentru o perioadă de timp până la sfârșitul compactării (303e), presiunea în material scade datorită temperaturii materialului care scade și ea iar vâscozitatea acestuia crește. După sfârșitul compactării (303e) presiunea scade vertiginos matrița fiind răcită. O valva de separare este închisă la momentul (303f), eveniment care nu poate fi observat din curba de presiune (301) ci doar din curba consumului de curent (302). Piesa este răcită pentru un timp prestabilit până la momentul ejeției (303g) când presiunea scade brusc matrița fiind deschisă iar piesa este ejectată rapid într-o fază de ejeție (304c). În continuare, echipamentul este în faza de repaus (304d) până la moment-ul opriri (303h) sau al începerii unui nou ciclu de producție.



Conform figurii 3, observăm că în funcție de tipul și amplasarea senzorului fazele de producție pot sau nu să fie identificate din semnal și, în acest exemplu, ambele semnale sunt adaptate pentru determinarea succesiunii momentelor cheie (303a-h) care pot fi determinate din semnale (301) (302).

Conform figurii 3, presiunea maximă la momentul (303d) poate fi determinată direct prin măsurarea presiunii sau extrapolată indirect din măsurarea duratei intervalului de compactare inițial care este între momentele (303c) și (303d) și care împreună cu valoarea curentului consumat, prin calcul, pot determina presiunea de compactare. Astfel, deși pentru un senzor de curent nu este cunoscută valoarea presiunii, ea poate fi extrapolată din valoarea și durata semnalului de curent între momentele (303c) și (303d).

Conform figurii 3, un ciclu de producție este un eveniment compus care începe în momentul (303b) ce marchează începutul fazei de injecție (304a) și în care presiunea începe să crească iar curba curentului are un prim vârf și, se sfârșește după intervalul de eiecție (304c) care este de durată fixă și care urmează momentului (303g) când presiunea scade brusc sau când impulsul de eiecție se termină. Astfel, un ciclu de producție are trei faze (304a-c) iar cicluri de producție sunt intercalați cu cicluri de pauză (304d). Ciclu de producție poate fi și interpretat ca secvența (303b-g) în care anumite momente intermediare pot chiar lipsii sau în care valorile calculate precum presiunea din punctul maxim (303d) sunt într-un anumit interval considerat. Orice abatere a temporizării, a succesiunii momentelor (303b-g) sau a valorilor măsurate sau prezise în punctele cheie și care depășește o anumită valoare este interpretată ca o eroare iar ciclul de producție este marcat automat ca un rebut.

Conform unui aspect al acestei invenții și pentru exemplul ilustrat în figura 3, semnalele (301) (302) sunt eșantionate, cuantificate și normalizate într-o serie temporală.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei prime implementări preferabile, punctele cheie (303) sunt identificate automat prin analiză de semnal folosind o fereastră de timp alunecătoare (i.e. se iau un număr fix de eșantioane din semnal din vecinătatea punctului curent) pentru care un număr de valori sintetice precum media semnalului, maximul, minimul, mediana, valoarea semnalului, abaterea statistică față de medie, derivata, integrala, varianța sau o reprezentare a semnalului de timp într-un domeniu transformat precum un coeficient al seriei Fourier sunt folosiți ca un vector de intrări de dimensiunea N unde N este numărul semnalelor sintetice și care este introdus pentru clasificare spre exemplu într-un algoritm de clasificare ne supervizat de tipul KNN unde K este un număr întreg preferabil

egal cu numărul de momente ce se doresc a fii identificate și care în acest caz este 6.

Semnalul unidimensional (301) sau (302) este astfel transformat în acest caz într-un vector N dimensional care este clasificat.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile, valorile semnalului din secvența de eșantioane dintr-o fereastră de timp predefinită sunt combinați într-un vector N dimensional unde N este numărul eșantioanelor și folosiți ca intrare pentru o rețea neuronală de convoluție CNN care clasifică fiecare eșantion într-o clasă care este clasa (i.e. numele):

- punctului cheie (303b)-(303h) sau o valoare necunoscută dacă nu este un punct cheie și/sau,
- valoare unui parametru măsurat într-un punct (303d) și/sau,
- intervalul curent (303b-c), (303c-d), (303d-e), (303e-f), (303f-g), (303g-h) din care punctul curent face parte și/sau,
- faza de producție curentă (304a), (304b), (304c), (304d) și/sau,
- ciclul de producție din care punctul curent face parte adică intervalul (303b-g) și,

astfel, rețeaua CNN clasifică fiecare eșantion al semnalului ca aparținând unor clase sau prezice o valoare a unui parametru de producție.

Conform stadiului tehnicii, tehnicile de clasificare ne supervizată și supervizată ce folosesc rețele clasificatori sau rețele neuronale de convoluție CNN adânci sunt cunoscute și evidente și permit clasificarea și predicția eșantioanelor semnalelor.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile ce folosește o tehnică de clasificare sau predicție cu învățare supervizată, pentru un semnal pilot precum cel din figura 3, un operator definește manual:

- punctele cheie (303) și/sau,
- valorile parametrilor măsurați sau formula de extrapolare a lor din semnal și/sau,
- fazele de producție (304) și/sau,
- ciclul de producție și,

folosește semnalul eșantionat și etichetat pentru antrenarea unei rețele neuronale CNN sau preferabil a unei rețele neuronale adaptate pentru clasificarea seriilor de timp.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile, fereastra de analiză pentru clasificare este limitată superior la dimensiunea intervalului de interes majorată cu un factor și:

- pentru determinarea punctele cheie (303) se alege intervalul delimitat de punctele cheie vecine majorat și,
- pentru fazele de producție (304) se alege intervalul fazei de producție și,
- pentru ciclul de producție se alege durata unui ciclu de producție

iar intervalul obținut este majorat cu factorul precizat.

Spre exemplu, dacă se dorește detecția punctului de presiune maximă (303d) se alege o fereastră de analiză care este mai mică decât intervalul de interes (303c)(303e) și care este spre exemplu de 13 eşantioane iar această valoare este majorată pentru a compensa variațiile de temporizare a semnalelor cu un factor ales care spre exemplu este de 100% adică, fereastra de analiză considerată este de cel mult 26 de eşantioane. Pot fii încercate și ferestre de analiză reduse.

Așa cum este cunoscut din stadiul tehnicii, la antrenarea rețelei neuronale de convoluție CNN, dacă nu există suficiente semnale pilot atunci sunt generate un număr de semnale pilot sintetice ce sunt obținute prin dilatarea sau contractare temporală a semnalului pilot original și/sau printr-o funcție interpolare.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile, ferestrele de timp pentru analiza și clasificarea semnalului sunt alese astfel încât să fie mai mici decât intervalul de interes.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile, eşantioanele dintr-o fereastră de analiză sunt folosite în ordine pentru clasificare sau interpolare.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile, punctele chei sunt ordonate cauzal iar detecția lor este mascată printr-un predicat cauzal care permite detecția doar a acelor puncte cheie care sunt de așteptat. Astfel, pentru exemplul din figura 3, sfârșitul perioadei de compactare (303e) și deci al punctului de compactare următor cauzal momentului de presiune maximă (303d) și nu poate apărea înaintea acestuia fiind mascată detecția sa până la apariția lui.

Conform unui aspect al acestei invenții și conform unei implementări preferabile avansate, este preferată folosirea unei rețele neuronale adaptată la semnalele secvențiale și anume o rețea neuronală recurentă RNN, o rețea Neuronală adâncă cu memorie de scurtă durată lungă LTSM sau o rețea de tip Encoder-Decoder.

Alte tehnici de clasificare și predicție sunt posibile și considerate în spiritul invenției fiind cunoscute din stadiul tehnicii.

Conform unui aspect al acestei invenții, operatorii nu trebuie decât să utilizeze un semnal pilot ca exemplu și să precizeze pe semnal momentele cheie, intervalele și clasele sau valorile ce se doresc a fii detectate/prezise. Antrenarea poate fii adaptată și pe parcursul producției prin noi exemple avantajul fiind că nu trebuie modificat sau adaptat algoritmul de clasificare/predicție acesta învățând automat prin exemplele date iar operatorul poate corecta, în cazul unei clasificări greșite, algoritmul de clasificare prin simpla etichetare a semnalului pilot achiziționat și re-antrenarea rețelei.

Conform unui aspect al acestei invenții, este posibilă și antrenarea cu semnale pilot eronate care au evenimente sau părți în care semnalul evoluează diferit și care pot fii învățate.

Conform unui aspect al acestei invenții, poate fii analizată și diferența dintre un predictor care este antrenat pe semnalul corect și semnalul real fiind calculată eroarea instantanee sau pe o perioadă de timp scurtă și care este interpretată ca o eroare.

Conform unui aspect al acestei invenții, predicția parametrilor de producție este posibilă detecția erorilor pentru semnalele care deși arată normal ca formă, nu corespund ca temporizare sau ca valoare.

Figura 4 prezintă, pentru o implementare preferabilă conform invenției, interfața utilizator prin care un operator configurează pentru semnalul de presiune (301) din figura 3 și care este un semnal pilot.

Conform interfeței grafice ilustrate în figura 4 și conform unei implementări preferabile, un operator alege folosind controale grafice de tip ”Cutie cu opțiuni”:

- din lista dispozitivelor IOT (401) cunoscute un dispozitiv și care în acest caz este terminal-ul ZAXSense cu numărul de identificare 000254368 ce este atașat echipamentului de producție (199) din figura 1 și care este o mașină pentru injecția maselor plastice și,

- pentru dispozitivul ales un senzor (102) din lista senzorilor (402) terminalului și care este un senzor de presiune și,
- un fișier de semnal din lista cu fișierele de semnal achiziționate (403) și care este o serie de timp a semnalului (301) din figura 3 ce reprezintă înregistrarea unui ciclu de producție a cărui descriere (404) este afișată textual iar a cărui grafic este detaliat într-o fereastră cu graficul semnalului (405) în care pe lângă semnalul de presiune (301) sunt prezentate și decorații grafice (408a) (409a) și care ilustrează valoarea semnalului în punctul cheie de presiune maximă (303d) din figura 3 și o fereastră de analiză (409a) a cărei dimensiuni sunt alese de operator conform semnalului analizat și care reprezintă o vecinătate din jurul punctului de presiune maximă (203d) care este considerată suficientă pentru detecția și clasificarea punctului de presiune maximă (303d).

Conform interfeței grafice ilustrate în figura 4 și conform unei implementări preferabile, în partea dreaptă este ilustrat un formular de caracterizare (410) a semnalului (301) și în care regăsim informații în format textual (408b-d) despre partea caracterizată și în acest caz:

- punctul cheie (408a) ilustrat în graficul semnalului (405) și pentru care sunt precizate tipul (408b), indexul punctului cheie (408c) și respectiv clasa sau numele (408d). Utilizatorul poate defini noi puncte, edita pe cele definite anterior sau prin butonul grafic de ștergere (408e). Alegerea părții caracterizate poate fi realizată prin selecția din graficul semnalului (405) sau prin modificarea câmpurilor textuale (408b-d).
- fereastra de analiză (409a) ilustrată în graficul semnalului (405) și pentru care sunt precizate textual durata (409b) care în acest caz este de 9 eșantioane și referința (409c) care indică faptul că punctul cheie (408a) ce este caracterizat se află în acest caz în mijlocul ferestrei (409c) adică este eșantionul cu indexul 5.
- o lista cu constrângerile (411) specifice părții caracterizate și care este punctul de presiune maximă (408a-d) care în acest caz este caracterizat prin patru constrângeri pentru fiecare fiind precizate:
  - măsura caracterizată și care poate fi valoarea semnalului, un moment de timp, sau un interval de timp și,
  - criteriul de caracterizare care poate fi o măsură specifică valorii semnalului în punctul sau în fereastra de analiză sau,
  - referința relativ la care se face caracterizarea și,

- valoarea așteptată și unitatea de măsură și,
- toleranța pentru care semnalul este considerat fără erori.

Așa cum este evident pentru o persoană antrenată în caracterizarea semnalelor eșantionate și al limbajelor de programare cu predicate logice pentru constrângeri, aceste constrângeri sunt evaluate iar dacă nu sunt verificate partea caracterizată este considerată ca fiind eronată.

Așa cum este evident pentru o persoană antrenată în caracterizarea semnalelor, pot fi utilizate mai multe seturi de semnal pilot pentru antrenarea clasificatorilor și a predictorilor folosiți de sub-sistemul de analiză a stării (103) din figura 1 sau 2 dar, constrângerile trebuie definite sunt comune și aceleași.

Conform interfeței grafice ilustrate în figura 4, pentru punctul de presiune maximă sunt definite patru constrângeri care precizează:

- valoare maximă a punctului de opresiune care trebuie să fie de 65 Mega pascali dar care poate varia în limita a -2 la +5 Mega Pascali și,
- momentul (303d) al punctului de presiune maximă (408a) relativ la punctul de început trebuie să fie de 23 secunde cu toleranța de -0.4 la 3 secunde și,
- momentul (303d) al punctului de presiune maximă (408a) relativ la predecesorul său și care trebuie să fie de 7,3 secunde cu aceeași toleranță între -0,2 și 1,5 secunde și,
- momentul (303d) al punctului de presiune maximă (408a) relativ la succesorul lui care trebuie să fie de 15,2 secunde în limita toleranței de -0,25 la 2 secunde.

Conform unei implementări preferabile care nu este ilustrată în figura 4, pentru aceeași parte caracterizată pot fi definite mai multe ferestre de analiză și predicate de constrângeri iar, constrângerile ce vizează Intervalul dintre două puncte cheie sunt comune celor două. Tot într-o implementare preferabilă, interfața este adaptată navigării între părțile caracterizate iar, la salvarea fișierului de semnal este salvată și un număr de versiune astfel încât modificările făcute caracterizării să rămână disponibile.

Conform unei implementări preferabile, semnalul caracterizat este folosit la antrenarea clasificatorilor și a predictorilor lor iar predicatele sunt executate atunci când, prin analiza unui semnal real sunt recunoscuți cicli de producție sau părți ale acestuia și pentru care valorile au fost caracterizate conform constrângerilor.

În figura 5 sunt prezentate graficele:

- unui semnal achiziționat pe perioada a 24 de ore consecutive de la un senzor (102) și care este un senzor de presiune și care înregistrează pe perioada a trei schimburi de producție care sunt un ciclu de calibrare/mentenanță (502a) urmat de ciclurile de producție (502b) (502c) pe perioada cărora sunt realizate mai multe cicluri de producție (501a-j) și
- evenimentele generate de subsistemul de analiză a stării (103) din figura 1 sau 2 și care identifică cicluri de producție fie:
  - direct din semnal printr-un clasificator și predictor unic definit pe un interval extins și care acoperă complet ciclul de producție și pentru care sunt definite constrângeri de timp și valoare maximă sau,
  - prin combinare evenimentelor primare într-un eveniment complex folosind un predicat de logică temporală asupra evenimentelor primare și care sunt generate fiecare prin clasificare și predicție cu o rețea neuronală care detectează partea vizată iar asupra cărora sunt aplicate constrângerile de valoare, moment, durată sau precedență specificate.

Conform figuri 5, la detecția și caracterizarea ciclurilor de producție de către subsistemul (103) sunt generate evenimentele (504a-j) și care descriu detecția unor cicluri de producție și caracteristicile acestora care în acest caz sunt: momentul și durata ciclului, presiunea maximă și condiția ca secvența cauzală a evenimentelor primare este completă adică toate punctele cheie (303b-g) există și sunt detectate în ordine cauzală iar în cazul violării constrângerilor sau al detecției unei secvențe incomplete ciclul de producție nu este clasificat ca fiind normal (504a-c) (504f-i) ci corespunzător unui rebut (504d-e) datorat violării condiției de presiune maximă și care în aceste cazuri este insuficientă sau a unui rebut (504j) care este datorat unei secvențe de puncte cheie incomplete în care după punctul de presiune maximă (303d).

Figuri 6 prezintă în paralel pe perioada a 24 de ore:

- seria evenimentelor complexe ce caracterizează ciclurile de producție detectate (602a-l) de un subsistem de analiză a stării (103) din figura 1 sau 2 și, care sunt cicluri de producție normale cu momentul și durata cunoscute și,
- evoluția unui context (601) de producție ce descrie desfășurarea producției în timp și,
- graficul unui parametru cheie de productivitate KPI și care în acest caz este disponibilitatea actuală (604a-b) a echipamentului de producție monitorizat de la începutul schimbului până în momentul actual și disponibilitatea medie (605a-b) a

echipamentului de producție pe perioada schimbului și care este calculată la sfârșitul acestuia.

Conform unei implementări preferabile și conform invenției, în figura 6 calculul indicatorilor KPI este contextual intervalul total fiind calculat prin filtrare el fiind doar durata schimbului productiv, schimbul de mentenanță ne fiind considerat în acest caz.

Prin introducerea contextului, este posibilă interpretarea corectă și specifică a disponibilității, calității și productivității, fiind posibilă construirea de indicatori flexibili care descriu evoluția parametrilor pe schimburi, operatori, de la un proiect la altul etc sau, în cel mai simplu caz în mod similar cu un sistem OEE clasic în care aceștia sunt calculați global.

Ceea ce este revendicat pentru sistemul de analiză KPI (106) din figura 1 sau 2 este utilizarea contextului (107) care filtrează intervalele de calcul și permite definirea de indicatori supli și, care este automat asociat evenimentelor complexe ne fiind necesară folosirea echipamentelor Andon de către operatori pentru introducerea acestora. Mai este revendicat și faptul că evenimentele complexe sunt caracterizate cu parametrii de producție iar cauzele de rebut sunt automat deduse din violare constrângerilor și a cauzalității evenimentelor primare iar un operator nu mai trebuie să precizeze proiectul sau cauza rebutului deoarece datele de caracterizare sunt obținute automat prin analiza semnalului sau din context. Operatorul nu trebuie decât să confirme apariția problemelor și să monitorizeze producția rolul său fiind doar unul de siguranță. Sunt astfel reduse efortul cognitiv, timpul și respectiv erorile de raportare specific umane.

Figura 7 prezintă printr-o diagrama de activități fazele metodei pentru supravegherea echipamentelor de producție și estimarea eficienței de funcționare fără a detalia pașii acestora.

În faza de configurare fizică (800) părțile sistemului sunt conectate între ele și configurate, procedura de configurare preferabilă conform invenției fiind detaliată în figura 8. Această fază este prealabilă celorlalte faze deoarece nu este posibilă achiziția, clasificarea sau calcularea indicilor KPI fără a fii în prealabil realizată conexiunea dintre părțile sistemului (101) (102)(103)(106)(107) și care utilizează ca infrastructură fizică dispozitivul IOT (104), platforma de servicii OEE (108) și rețeaua (105).

În faza de caracterizare și antrenare (900) din figura 7 și detaliată în figura 9, se achiziționează semnale pilot care sunt:



- caracterizate de subsistemul sau serviciul de analiză de stare (103) din figura 1 și care, așa cum este prezentat printr-un exemplu de interfață grafică în figura 4, constă dintr-un număr de părți (i.e. puncte cheie alese pe curba de semnal, faze de producție ale unui ciclu delimitate de punctele cheie) care sunt alese de operator și pentru care sunt precizate:
  - tipul, poziția, indexul, și numele părții caracterizate și care este o etichetă de clasificare și,
  - o fereastră de analiză (i.e. centrare și durată) care definește dimensiunea vectorului de eșantioane utilizat ca intrare într-un clasificator pentru caracterizare și,
  - tipul clasificatorului ales pentru antrenare și numele modelului ce este antrenat și persistat pentru a fi utilizat ulterior într-o fază de analiza a stării (703) și care este bine cunoscută ca realizare pentru o persoană antrenată în domeniul clasificării și predicției semnalelor ce sunt serii de timp și preferabil folosind rețelelor neuronale.
  - numele modelului în care rezultatul antrenării (i.e. coeficienții rețelei neuronale) sunt înregistrați și,
  - o listă de constrângeri care precizează condițiile (i.e. valori, precedență, durata și poziție) în care partea caracterizată ce este semnalul dintr-o fereastră aleasă este considerat normal și,
- folosite la antrenarea clasificatorilor aleși și,
- înregistrate împreună cu modelele de clasificare și predicție antrenate,

În faza de analiză a stării (703), pe baza modelelor de predicție antrenate și înregistrate în faza de caracterizare și antrenare (900), un semnal real este analizat așa cum este bine cunoscut din stadiul tehnicii și, sunt recunoscute părțile caracterizate și dacă acestea respectă constrângerile definite anterior și, sunt generate evenimente de stare ce descriu durata și parametrii ciclurilor de producție identificate în semnalul ce este achiziționat și analizat. Această fază nu este revendicată fiind cunoscuta din stadiul tehnicii.

În faza de analiză KPI (1000) și pentru care o realizare preferabilă care este detaliată în figura 10, evenimentele ce identifică ciclurile de producție sunt:

- filtrate pe baza contextului (107) din figura 1 și 2, care este exemplificat (601) în figura 6 și care este un orar de producție cu parametrii ce evoluează pe intervale de

timp și care reține doar ca bază de calcul a parametrilor KPI intervalele de interes și valorile evenimentelor ce identifică ciclurile de producție din aceste intervale.

- folosite pentru calculul parametrilor KPI contextual folosind formulele bine cunoscute din stadiul tehnicii.

Conform figurii 7 și pentru o implementare preferabilă, cu excepția fazei de configurare fizică (800) fazele sunt preferabil concurente.

Figura 8 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de configurare fizică (800) din figura 7 pentru metoda propusă și pentru o implementare preferabilă în care în pasul de:

- citire cod digital (801) un cod digital atașat de un senzor (102), de dispozitivul IOT (104), de un port de conexiune al acestuia sau de un router de rețea specific rețelei (105) este citit de un dispozitiv sau terminal de configurare (110) ce sunt reprezentate în figura 2.
- determinare configurație (801) valoarea codului digital este interpretată sau este folosită pentru interogarea unui serviciu extern și din care sau de la care este determinată o configurație cu parametrii și valori asociate specifice părții codului adică specifice părții de care acesta este atașat și care precizează spre exemplu, tipul senzorului (102) sau al dispozitivului IOT (104), identificatorul lui, numărul portului, mărimea fizică măsurată, scara și unitatea de măsură etc.
- memorare (803) datele de configurație sunt memorate local.
- decizie actualizare necesară (804) este determinat dacă configurația este nouă și dacă ea trebuie transmisă unei părți care poate fi aceeași sau alta și spre exemplu, la citirea codului dispozitivului IOT (104) este configurat și dispozitivul IOT (104) dar și serviciile de analiză de stare (103) și/sau platforma de servicii OEE (108) care sunt notificate despre adăugarea noului dispozitiv IOT (104) în sistem și care din acest punct este cunoscut.
- transmisie și actualizare configurație (805) datele noi sunt transmise părților sistemului care trebuie configurate.
- continuare configurare (806) este decis de utilizatorul terminalului de configurare (110) dacă ciclul de configurare este continuat prin citirea unui nou cod și o nouă rundă de transmitere a configurării sau dacă configurarea este completă faza de configurare fizică (800) fiind încheiată.

Conform unui aspect specific acestei invenții, prin citirea codurilor digitale este posibilă adăugarea fără efort (i.e. doar confirmarea configurării) a dispozitivelor chiar și pentru părți vechi care nu au fost inițial gândite pentru a fi recunoscute și adăugate într-un sistem OEE.

Figura 9 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de caracterizare și definire constrângeri (900) din figura 7 pentru care pentru un număr de semnale pilot (i.e. exemple de semnale achiziționate ce reprezintă cicluri de producție), fază realizată de sub sistemul sau serviciul de analiză stare (103) și în care semnalul achiziționat este caracterizat și folosit la antrenarea unui număr de clasificatori și predictorii. Această fază are pașii de:

- încărcare semnal (901) în care sub sistemul sau serviciul de analiză a stării (103) din figura 1, preferabil cu ajutorul unei interfețe grafice precum cea ilustrată în figura 4, încarcă un semnalul achiziționat de la un senzor (102) legat la un dispozitiv IOT (104) sau dintr-un fișier în care a fost înregistrat și,
- caracterizare și definire constrângeri (902), de permite unui operator să precizeze direct pe graficul semnalului (405) sau prin formularul de caracterizare (410) din figura 4, acele puncte sau intervale din semnal, ordinea, poziția, durata și/sau valoarea lor și care sunt părți caracterizate ce sunt considerate importante pentru un ciclu de producție și care trebuie să îndeplinească un număr de constrângeri (411) precizate tot de operator și care trebuie să fie prezente în ordine într-un semnal al unui ciclu de producție pentru ca acesta să fie identificat corect.
- decizie înregistrare (903) operatorul decide dacă înregistrează, anulează sau elimină o caracterizare a unei părți din semnal ea urmând a fii utilizată sau nu ulterior pentru antrenarea clasificatorilor și predictorilor.
- antrenare model (904) în cazul în care operatorul decide să înregistreze o caracterizare, clasificatorul și predictorul ales de operator trebuie antrenat și pentru acei vectori determinați de fereastra alunecătoare atunci când aceasta evoluează între punctele adiacente și rezultatul antrenării este adăugat la caracterizarea semnalului.
- înregistrare (905), semnalul pilot este înregistrat împreună cu celelalte semnale pilot specifice unui aceluiași ciclu de producție, cu toate părțile caracterizate și parametrii de caracterizare și împreună cu predictorii și clasificatorii antrenați. Aceasta permite extinderea setului de semnale pilot, modificarea parametrilor de clasificare și îmbogățirea modelelor de clasificare și predicție care sunt antrenate și pot fii folosite pentru analiza. Procedura de antrenare este bine cunoscută din stadiul tehnicii pentru tipurile de rețele neuronale alese și nu este revendicată fiind revendicate

modalitatea de caracterizare a semnalelor pilot și utilizarea constrângerilor precum și combinarea acestora în evenimente complexe datorită constrângerilor de precedență și care permit recunoașterea ciclilor de producție din șirul părților lor.

- continuare caracterizare și antrenare (906) în care operatorul dacă dorește poate relua ciclul de caracterizare și antrenare pentru a defini sau modifica pe un același semnal pilot o altă parte caracterizată sau poate încărca un alt semnal pilot pentru caracterizare ciclul fiind reluat.

Conform unui aspect al acestei invenții, pentru un semnal pilot sau parte caracterizată a acestuia pot fi definiți mai mulți clasificatori și predictorii, fiecare având intrarea egală cu dimensiunea ferestrei de analiză și care sunt antrenați cu vectorii de semnal obținuți prin alunecarea ferestrei prin semnal.

Conform unui aspect al acestei invenții, predictorii pentru o aceeași parte caracterizată pot fi combinați sub forma unei păduri de predictorii care împreună caracterizează mai bine semnalul.

Conform unui aspect al acestei invenții, dimensiunea ferestrei nu trebuie să depășească dimensiunea semnalului pilot și preferabil ea trebuie să fie inferioară unei zone de interes locale pentru a nu fi perturbată decizia.

Figura 10 detaliază printr-o diagrama de activități pașii fazei de analiză KPI a metodei propuse pentru o implementare preferabilă și care sunt:

- stabilire filtru context (1001), operatorul decide pentru ce context (i.e. schimb de lucru, operator mașinist, echipament, perioadă de timp sau proiect etc.) dorește calculul indicilor KPI. Acest filtru este un predicat de valori acceptabile din context care reduce suportul de timp doar la acele intervale pentru care contextul verifică predicatul. Spre exemplu și într-o implementare preferabilă, un filtru este o clauză select ce filtrează evenimentele ciclilor de producție detectați doar la un interval în care contextul respectă filtrul și care poate fi implementat, spre exemplu, printr-o clauză "Select-Where" conform limbajului SQL.
- încărcare evenimente (1002), evenimentele de stare sunt încărcate dintr-un fișier sau în timp real pe măsură ce sunt detectate.
- citire context (1003), orarul contextului este citit

- filtrare evenimente (1004), evenimentele sunt filtrate conform filtrului definit în etapa de stabilire filtru context (1001) și conform contextului fiecărui eveniment.
- calcul KPI (1005), pentru intervalul în care contextul filtrat este activ și pentru evenimentele de stare filtrate se calculează indicii KPI conform formulelor de disponibilitate, calitate, de eficiență sau a altor formule ce sunt bine cunoscute din stadiul tehnicii și care sunt raportați doar la durata contextului filtrat care este intervalul pentru care contextul corespunde filtrului.
- utilizare KPI (1006), parametrii KPI sunt înregistrați sau afișați pe terminale Andon de supraveghere.
- continuare (1007), operatorul decide dacă dorește să schimbe criteriile de filtrare, alege indicii ce dorește să îi calculeze și reia faza de la început.

Conform unui aspect al acestei invenții, faza de analiză KPI (1000) permite citirea eficienței reală care nu este poluată de intervalele de mentenanță sau calibrare sau care nu este influențată de alte proiecte etc fiind posibilă o raportare suplă.

### Glosar de termeni

ACL	Lista cu drepturi de acces la o resursa digitală (i.e. "Access Control List")
Andon	Sistem de notificare al operatorilor din producție ce prezintă detecția unei probleme
Bluetooth	Rețea de comunicații fără fir pe distanțe scurte ce implementează standardul IEEE 802.15.1
CAN	Convertor Analog Numeric
CAN	Rețeaua pentru comunicații auto CAN (i.e. "Controller Area Network")
CNA	Convertor Numeric Analog
CNN	Rețea neuronală de convoluție (i.e. "Convolutional Neural Network")
CEP	Platforma pentru procesarea evenimentelor complexe (i.e. "Complex Event Processing" )
Cip	Circuit electronic integrat

Cloud	Infrastructură de servere și servicii accesibile prin internet
CNA/DAC	Convertor Numeric Analog
DBC	Clasificare pe bază de dicționar (i.e. "Dictionary Based Classification")
GDPR	Regulamentul General de Protecție a datelor (i.e. "General Data Protection Regulation")
IBM	Corporația "International Business Machine"
I2C	Interfața de comunicații seriale I2C a firmei Philips Semiconductor
IOT	Internetul lucrurilor (i.e. "Internet of Things")
KNN	Algoritm de clasificare în K vecini alăturați (i.e. "K Nearest Neighborhood")
KPI	Indicator de performanță cheie (i.e. "Key Performance Indicator")
LoRa	Rețeaua de comunicații cu conexiune la distanță mare (i.e. "Long Range")
LTSM	Rețea Neuronală adâncă cu memorie de scurtă durată lungă (i.e. "Long Short-Term Memory")
NFC	Tehnologia de comunicații fără fir NFC (i.e. "Near-Field Communication")
OEE	Eficiența Totală a Echipamentului (i.e. "Overall Equipment Effectiveness")
PH	Gradul de aciditate al unei substanțe lichide
RNN	Rețele neuronale recurente (i.e. "Recurrent Neural Network")
RS232	Standardul de Interfața Recomandată 232
RS448	Standardul de Interfața Recomandată 448
SFA	Aproximare Fourier simbolică ("Symbolic Fourier Approximation")
SPI	Interfața serială cu periferice (i.e. "Serial Peripheral Interface")
SSID	Numele rețelei WIFI (i.e. "Service Set Identifier")
SQL	Limbaj structurat pentru interogarea bazelor de date relaționale
TSF	Clasificare cu pădure de parametrii temporali (i.e. "Time Series Forest")
USB	Bus universal serial (i.e. "Universal Serial Buss")

URL	Adresă universală a unei resurse (i.e. "Universal Resource Location")
WIFI	Rețea de comunicații fără fir ce implementează standardul IEEE 802.11

### Revendicări

1. Sistem pentru supravegherea unui ansamblu de echipamente de producție și estimarea eficienței de funcționare ce cuprinde:

- **un senzor** atașat unui echipament de producție și amplasat astfel încât să măsoare un efect fizic generat de echipament în funcțiune, de materialul sau piesa produsă de acesta și care se deplasează sau se modifică dinamic și este măsurat sau de un martor atașat acestora a cărei poziții sau proprietăți variază și sunt măsurate și, care produce un semnal electric din măsura fizică ce este corelat cu faza și parametrii de producție ai echipamentului și,
- **un sub-sistem de achiziție** conectat cu senzorul și care achiziționează semnalul produs de senzor, în eșantionează, îl normalizează și îl cuantifică într-o serie numerică ce descrie în timp discret semnalul în timp continu produs de senzor și,
- **un sub-sistem de analiză a stării** care pe baza semnalului achiziționat în timp discret determină starea echipamentului la un moment de timp și produce evenimente de stare ce au momentul de timp, durata și parametrii de producție estimați ce sunt sincronizați și corelați cu momentul de timp, durată și parametrii de producție măsurați ai ciclilor de cicluri de producție ai echipamentului de producție și care sunt detectați prin metode de analiză de semnal și,
- **un sub-sistem de analiză KPI** care pe baza evenimentelor de stare detectate pentru o perioadă de timp aleasă, calculează parametrii de disponibilitate, de eficiență și calitate a productivității mașinii și estimează eficiența totală a acestora

și care este **caracterizat prin aceia că:**

- sub-sistemul de analiză a stării:
  - într-o fază de configurare:
    - *preia un semnal pilot* achiziționat ce descrie un exemplu de ciclu de producție al unei piese și,
    - *primește sau permite crearea unei configurații de caracterizare și antrenare* care cuprinde:



- *un număr de părți de interes și care sunt puncte cheie alese pe curba de semnalului și/sau faze de producție delimitate de acestea și care sunt alese de un operator uman pe semnal și, pentru fiecare parte sunt precizate:*
  - *tipul, poziția, indexul, și numele părții caracterizate și care este o etichetă de clasificare prin care partea este identificată și,*
  - *o fereastră de analiză adică durata și centrarea acesteia și care delimitează o zonă de atenție specifică părții caracterizate și care definește dimensiunea vectorului de eșantioane utilizat ca intrare într-un clasificator pentru caracterizarea și predicția părții din semnal și,*
  - *tipul clasificatorului ales pentru antrenare clasificare și,*
  - *numele modelului în care este înregistrat rezultatul antrenării adică parametrul clasificatorului antrenat și,*
- *antrenează clasificatorul pentru semnalul pilot și generează un model de clasificare și predicție și,*
- *înregistrează semnalul pilot și configurația de caracterizare și modelul antrenat și,*
- într-o fază de funcționare:
  - *analizează semnalul achiziționat de la senzori pe ferestrele de timp definite anterior și cu predictorii și modelele înregistrate și:*
  - *recunoaște părțile de interes adică determină momentul și durata lor și,*
  - *determină valorile parametrilor de producție asociați și care sunt preziși și,*
  - *produce evenimente pentru fiecare parte de interes detectată și clasificată și care conțin valorile parametrilor preziși.*

2. Sistemul conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că:**

- sub-sistemul de analiză KPI:
  - *primește sau citește un context sau planificare cu intervale de timp și momente pentru care sunt precizați parametri de producție și valorile lor asociate și care sunt valide active doar pe perioadele sau la momentele precizate și,*

- *filtrează* pe baza unui predicat evenimentele complexe produse de subsistemul de analiză conform contextului și,
  - *interpretează* periodic, la cerere sau la începutul sau la sfârșitul activării contextului sau al evenimentelor filtrate conform contextului și produce evenimente complexe cu valorile KPI de eficiență a productivității specifice contextului.
3. Sistemul conform revendicării 1 sau 2 **caracteriza prin aceea că:**
- *sub-sistemul de analiză a stării:*
    - în faza de configurare și pentru fiecare parte caracterizată este precizată și:
      - *listă de constrângeri* care precizează condiții adică predicatele logice ce constrâng valorile parametrilor preziși, precedența lor, durata și/sau poziția și lor într-un ciclu de producție și toleranțele în care partea caracterizată este considerată normală și,
    - în faza de funcționare aplică lista aplică lista constrângerilor determină dacă o parte de interes detectată sau un parametru prezis este normal sau în afara valorilor acceptate.
4. Sistemul conform revendicării 1 sau 2 sau 3 **caracterizat prin aceea că:**
- sub-sistemul de analiză a stării combină pe baza constrângerilor de precedență mai multe evenimente de stare într-un eveniment complex și care cuprinde parametrii de timp, fazele observate și valorile determinate prin predicția din semnalul achiziționat.
5. Sistemul conform revendicării 4 **caracterizat prin aceea că** sub-sistemul de analiză produce un eveniment complex pentru un ciclu de producție și în care doar evenimentul inițial și cel final sunt obligatorii iar evenimentele intermediare corespunzătoare fazelor sau punctelor cheie de producție sunt opționale dar care dacă sunt absente atunci ciclul de producție este caracterizat ca fiind unul incomplet sau eronat.
6. Sistemul conform revendicării 1 sau 2 **caracterizat prin aceea că** ciclul de producție este detectat ca un eveniment de stare simplu și nu complex și care este definit prin constrângerea intervalului dintre punctul de început și punctul de sfârșit identificat de operator în semnalul pilot.

7. Metodă pentru supravegherea unui ansamblu de echipamente de producție și estimarea eficienței de funcționare ce cuprinde fazele de:

- *achiziție semnal* și în care un senzor atașat unui echipament de producție și amplasat astfel încât să măsoare un efect fizic generat de echipamentul în funcțiune, de materialul sau piesa produsă de acesta și care se deplasează sau se modifică dinamic și este măsurat sau de un martor atașat acestora a cărei poziții sau proprietăți variază și sunt măsurate și, care produce un semnal electric din măsura fizică ce este corelat cu faza și parametrii de producție ai echipamentului și care este achiziționat de un sub-sistem de achiziție conectat cu senzorul și care achiziționează semnalul produs de senzor, în eșantionează, îl normalizează și îl cuantifică într-o serie numerică ce descrie în timp discret semnalul în timp continuu produs de senzor și,
- *analiză a stării* în care pe baza semnalului achiziționat în timp discret se determină starea echipamentului la un moment de timp și sunt produse evenimente de stare ce au momentul de timp, durata și parametrii de producție estimați ce sunt sincronizați și corelați cu momentul de timp, durată și parametrii de producție mășurați ai ciclilor de cicluri de producție ai echipamentului de producție și care sunt detectați prin metode de analiză de semnal și,
- *analiză KPI* și care pe baza evenimentelor de stare detectate pentru o perioadă de timp aleasă, calculează parametrii de disponibilitate, de eficiență și calitate a productivității mașinii și estimează eficiența totală a acestora, faza de analiză KPI având pașii de:
  - *încărcare evenimente* în care evenimentele de stare detectate pentru o perioadă de timp aleasă sunt încărcate și,
  - *calcul KPI* sunt calculați parametrii de disponibilitate, de eficiență și calitate a productivității mașinii și estimează eficiența totală a acestora
  - *utilizare KPI* în care parametrii KPI sunt înregistrați și/sau produc evenimente, alarme și/sau sunt afișați,
  - *continuare* în care faza de analiză KPI este reluată sau nu într-un nou ciclu

și care este **caracterizată prin aceia** că mai cuprinde și faza de:

- *caracterizare și antrenare* în care clasificatorii și predictorii folosiți în faza de analiză a stării pe timpul funcționării sunt configurați și antrenați și care cuprinde pașii de:
  - *încărcare* a unui semnalul pilot achiziționat și,
  - *caracterizare și definire constrângeri* în care este definită, modificată sau ștearsă o configurație ce cuprinde:
    - *semnalul pilot* adică eşantioanele și proveniența care cuprinde identificatorul senzorului senzorul de la care a fost achiziționat și detaliile de achiziție și producție și,
    - *un număr de părți de interes* ce sunt puncte cheie alese pe curba de semnalului și/sau faze de producție delimitate de acestea și care sunt alese de un operator uman pe semnalul pilot și, pentru fiecare parte sunt precizate:
      - *tipul, poziția, indexul, și numele părții* caracterizate și care este o etichetă de clasificare prin care partea este identificată și,
      - *o fereastră de analiză* adică durata și centrarea acesteia și care delimitează o zonă de atenție specifică părții caracterizate și care definește dimensiunea vectorului de eşantioane utilizat ca intrare într-un clasificator pentru caracterizarea și predicția părții din semnal și,
      - *tipul clasificatorului* ales pentru antrenare clasificare și,
      - *numele modelului* în care este înregistrat rezultatul antrenării adică parametrii clasificatorului antrenat și,
  - *decizie înregistrare* în care operatorul decide dacă configurația și modelul de antrenare vor fi salvate sau nu și,
  - *antrenare model* în care sunt antrenați toți clasificatorii lui considerând și semnalul pilot adică se iau toate părțile caracterizate și se aplică ferestrele alunecătoare semnalului pilot conform configurației și pe intervale de atenție care sunt delimitate de punctele cheie adiacente părții caracterizate și, se antrenează *clasificatorul sau predictorul* precizat cu un vector de antrenare care este format din valorile eşantioanelor din fereastră și din numele părții caracterizate care este clasa așteptată,
  - *înregistrare* în care semnalul pilot, modelul antrenat și configurația sunt înregistrate și,

- *decizie continuare caracterizare și antrenare* în care utilizatorul decide dacă dorește să configureze un alt semnal, să caracterizeze o altă parte a unui aceluiași semnal sau dacă dorește să caracterizeze diferit o aceeași parte cu un alt clasificator printr-o nouă fază de caracterizare și antrenare.

8. Metoda conform revendicării 7 **caracterizată prin aceea că** faza de:

- analiză KPI mai cuprinde și pașii de:
  - *stabilire filtru context* în care utilizatorul stabilește criteriile contextuale pentru care dorește calculul valorilor KPI și,
  - *citire context* în care este primit sau citit un context sau planificare cu intervale de timp și momente pentru care sunt precizați parametrii de producție și valorile lor asociate și care sunt valide și active doar pe perioadele sau la momentele precizate și,

și în care pasul de:

- *calcul KPI* este ulterior pasului de stabilire filtru context și a pasului de citire context și, în care evenimentele de stare sunt filtrate conform contextului fiind reținute doar cele ce sunt pe perioada lui iar calculul parametrilor KPI are ca referință durata intervalul contextului.

9. Metoda conform revendicării 7 sau 8 **caracterizată prin aceea că** faza de:

- *caracterizare și antrenare* și mai precis în pasul de:
  - caracterizare și definire constrângeri este precizată și:
    - *o listă de constrângeri* care precizează condiții adică predicatele logice ce constrâng valorile parametrilor preziși, precedența lor, durata și/sau poziția și lor într-un ciclu de producție și toleranțele în care partea caracterizată este considerată normală și,
  - *analiză a stării*: pentru fiecare parte caracterizată sunt aplicate constrângerile din lista constrângerilor și se determină dacă o parte caracterizată detectată sau un parametru prezis este normal sau în afara valorilor acceptate.

10. Metoda conform revendicării 7, 8 sau 9 **caracterizată prin aceea că** faza de:

- analiză a stării combină pe baza constrângerilor de precedență mai multe evenimente de stare într-un eveniment complex și care cuprinde parametrii de timp, fazele observate și valorile determinate prin predicția din semnalul achiziționat.

11. Metoda conform revendicării 10 **caracterizată prin aceea că** faza:

- analiză de analiză a stării produce un eveniment complex pentru un ciclu de producție și în care doar evenimentul inițial și cel final sunt obligatorii iar evenimentele intermediare corespunzătoare fazelor sau punctelor cheie de producție sunt opționale dar care dacă sunt absente atunci ciclul de producție este caracterizat ca fiind unul incomplet sau eronat.

12. Metoda conform revendicării 7 sau 8 **caracterizată prin aceea că** ciclul de producție este detectat ca un eveniment de stare simplu și nu complex și care este definit prin constrângerea intervalului dintre punctul de început și punctul de sfârșit identificat de operator în semnalul pilot.

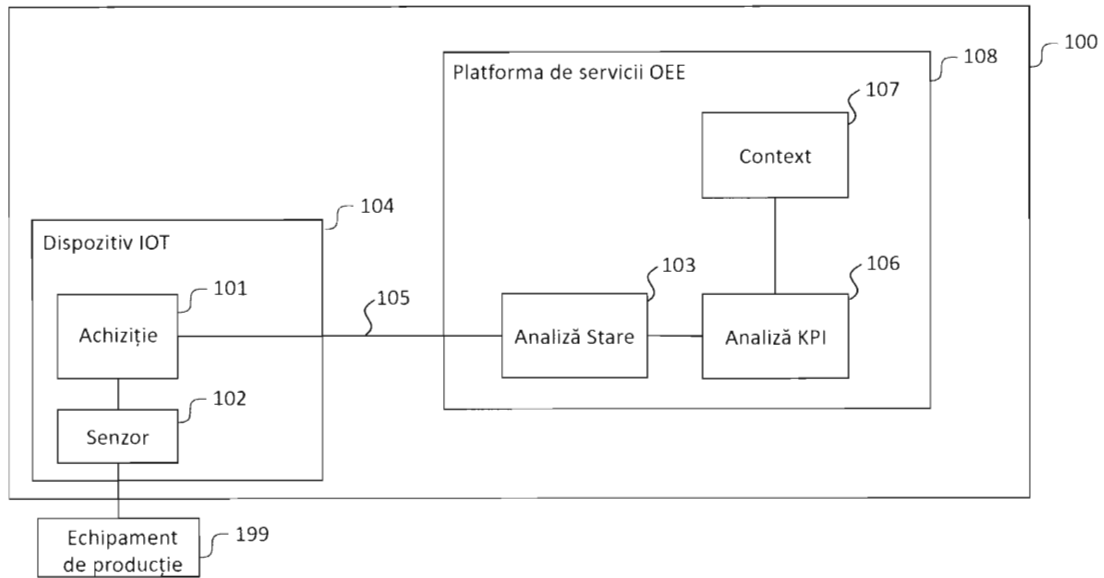


Figura 1

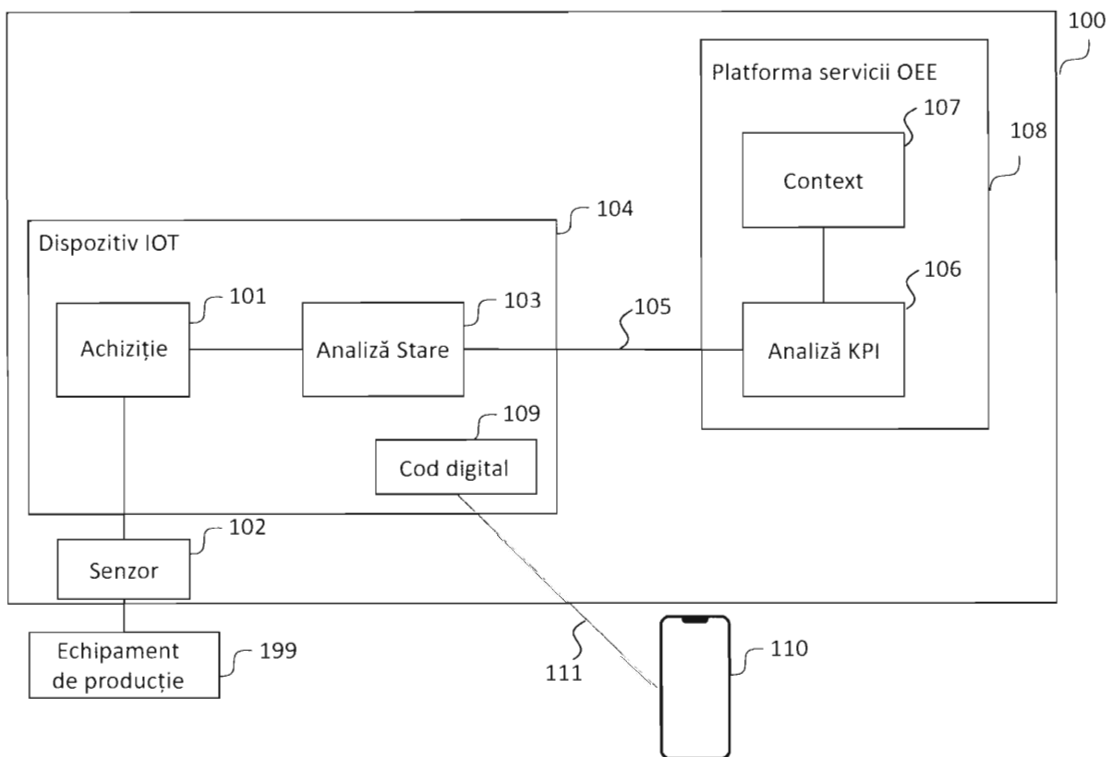


Figura 2

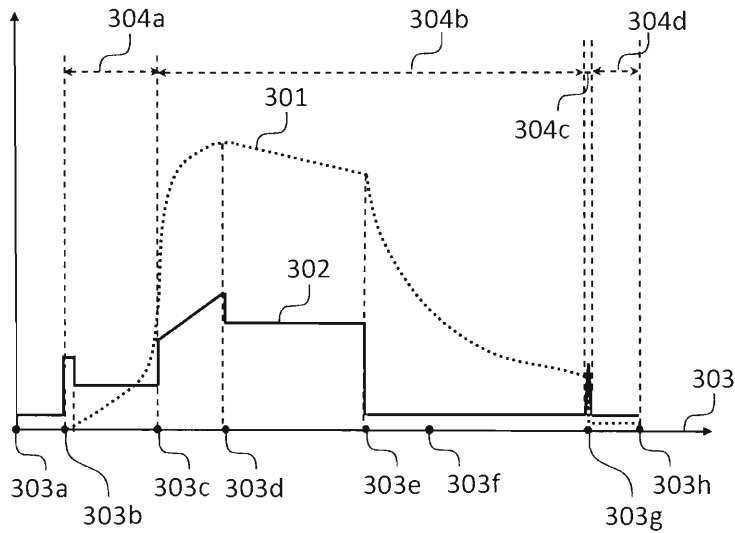
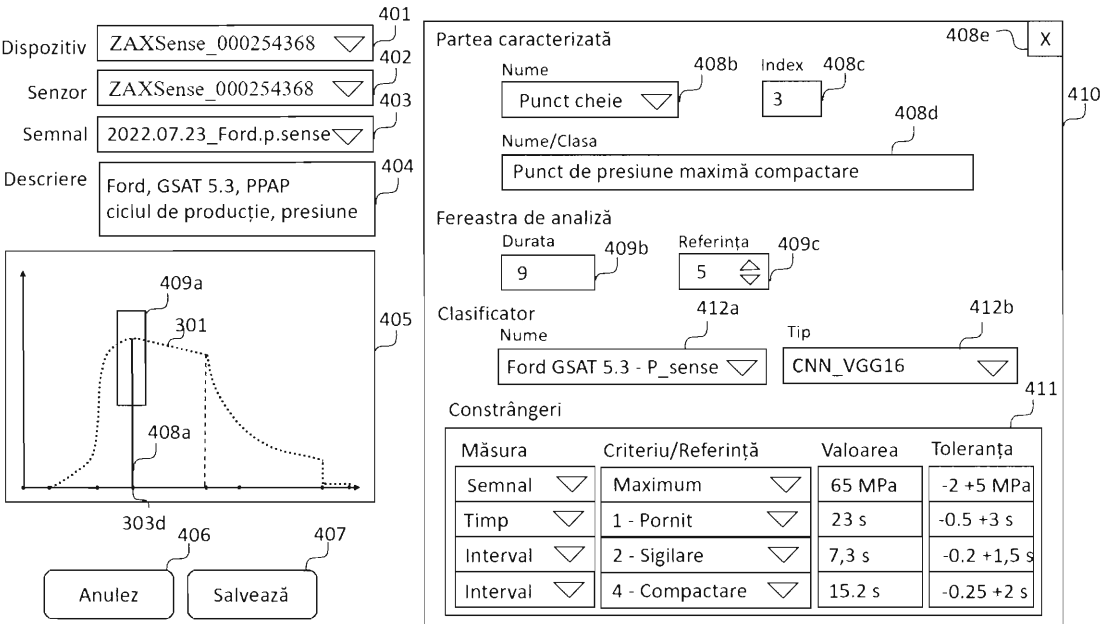


Figura 3



4a)

4b)

Figura 4



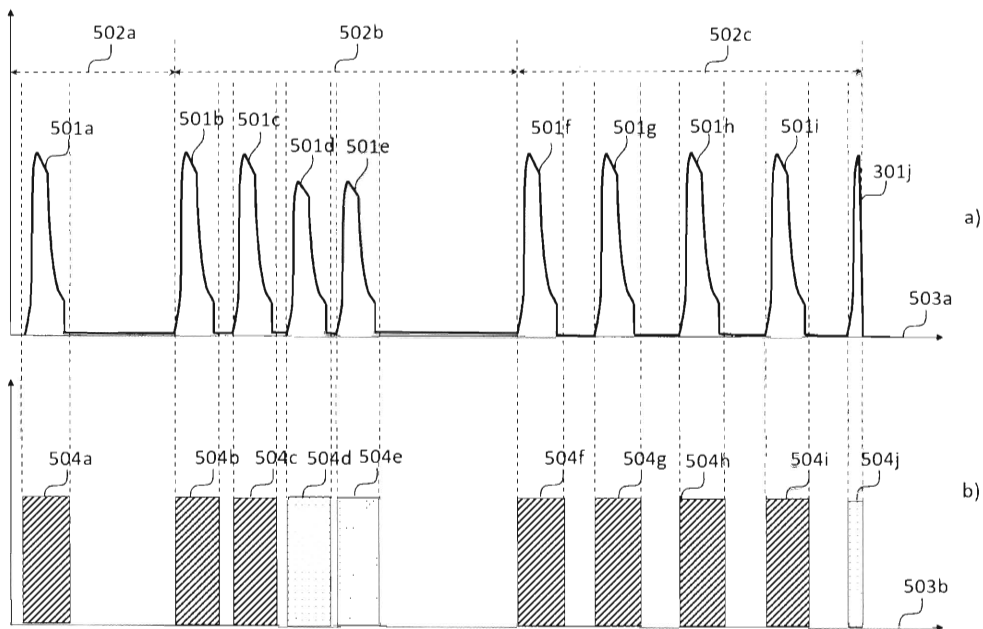


Figura 5

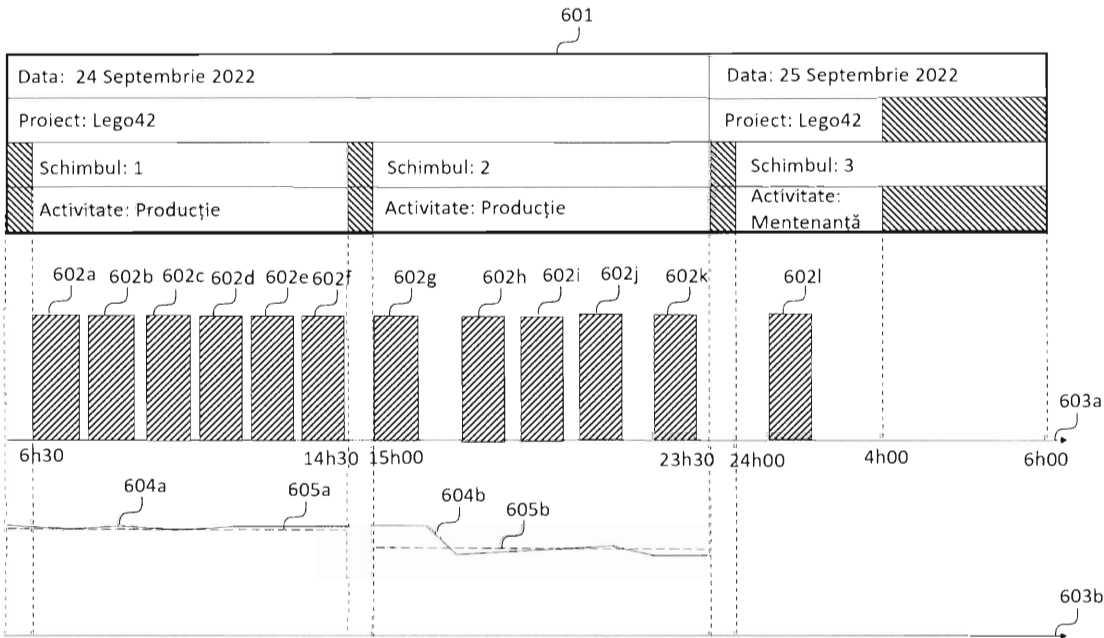


Figura 6

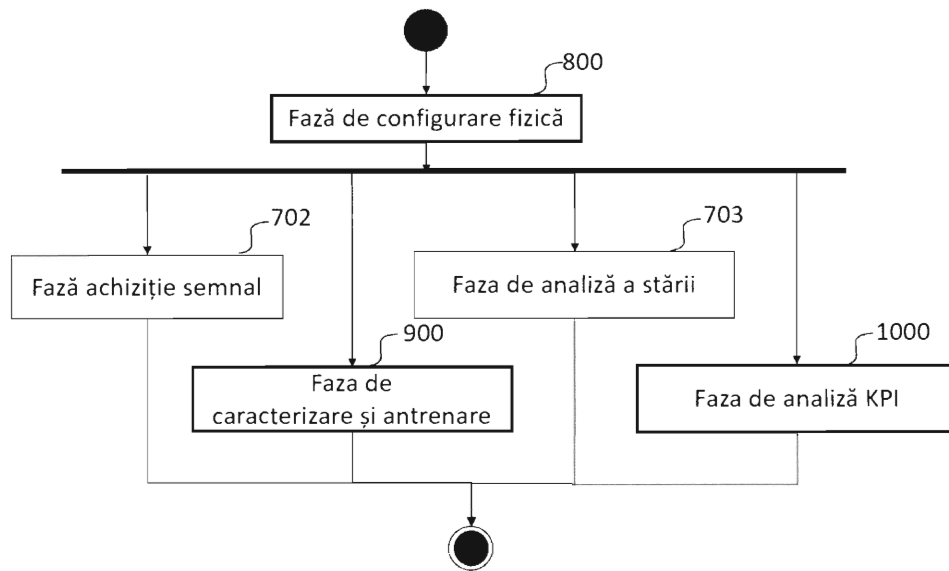


Figura 7

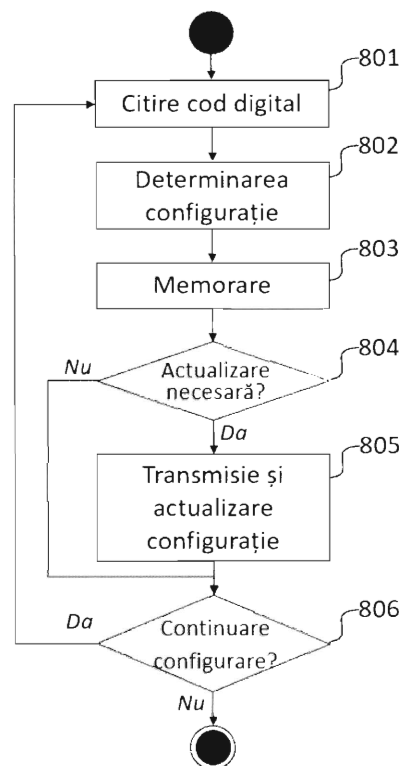


Figura 8

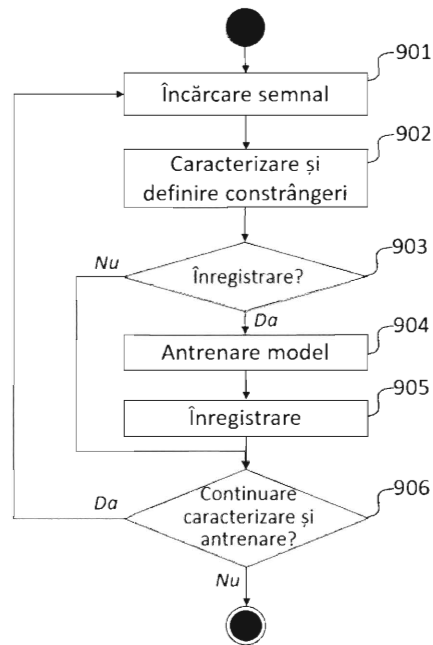


Figura 9

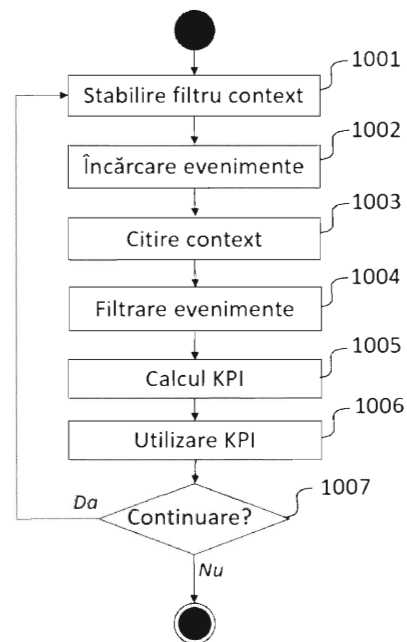


Figura 10