

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI - ȘCOALA DOCTORALĂ
FACULTATEA DE INSTALAȚII MECANICE ȘI ELECTRICE**

Ing. POPESCU – STELEA MIHAI

TEZĂ DE DOCTORAT

(REZUMAT)

**METODOLOGIE INTEGRATĂ DE ANALIZĂ A
RISCURILOR ȘI DE DIAGNOSTICARE A SECURITĂȚII
SISTEMELOR INDUSTRIALE**

***INTEGRATED METHODOLOGY FOR RISK ANALYSIS AND
DYAGNOSIS OF INDUSTRIAL SYSTEMS SAFETY***

Conducător științific: *Prof.univ.dr.ing.* ILIAȘ NICOLAE

PETROȘANI

Cuvinte cheie: securitate industrială, risc, analiza diagnostic, mod de defectare, probabilitate.

CUPRINS

INTRODUCERE

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL ȘI ANALIZA CRITICĂ A INSTRUMENTELOR DE ANALIZĂ A RISCURILOR ȘI DIAGNOZĂ A SECURITĂȚII SISTEMELOR

- 1.1. Bazele conceptuale ale analizei sistemice, integrate și dinamice a riscurilor
- 1.2. Analiza critică comparativă a metodelor de analiză a riscurilor
- 1.3 Modelarea sistemică – Modele de pericol
- 1.4. Analiza diagnostic

CAPITOLUL 2

ANALIZA MODURILOR DE DEFECTARE, A EFECTELOR ȘI A CRITICITĂȚII

- 2.1. Istoric și domeniu de aplicabilitate
- 2.2. Principiul metodei
- 2.3. AMDEC – ET. Procedura de analiză

CAPITOLUL 3

FORMALIZAREA FUNCȚIONALĂ ȘI COMPORTAMENTALĂ DESTINATĂ COOPERĂRII INTEGRATIVE A ANALIZEI RISCURILOR ȘI DIAGNOSTICULUI DE SECURITATE

- 3.1 Introducere
- 3.2 Modelarea prin restricții în vederea diagnosticării
- 3.3 Modelarea funcțională pentru analiza AMDEC

CAPITOLUL 4

INTEGRAREA REZULTATELOR ANALIZEI AMDEC ÎN ANALIZA DIAGNOSTIC

- 4.1. Introducere
- 4.2. Proceduri de diagnosticare
- 4.3. Teste de funcționare corectă
- 4.4 Concluzii

CAPITOLUL 5

CONTRIBUȚII PRIVIND PROGNOZAREA DEFECTĂRILOR ȘI CREȘTEREA NIVELULUI DE SECURITATE OPERAȚIONALĂ A SISTEMELOR INDUSTRIALE

- 5.1. Introducere
- 5.2. Formularea problemei
- 5.3 Probabilitățile de producere a evenimentelor și temporizarea Grafului Cauzal al Disfuncțiilor
- 5.4. Prognozarea defectărilor și identificarea riscurilor
- 5.5. Asigurarea securității sistemului industrial
- 5.6. Studiu de caz

CAPITOLUL 6

STUDIU DE CAZ: APLICAREA METODOLOGIEI PROPUSE LA UN PROCES INDUSTRIAL EXOTERM

6.1. Introducere

6.2 Analiza riscurilor în instalația industrială considerată

6.3. Concluzie

CAPITOLUL 7

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE

7.1. Concluzii generale

7.2. Contribuții personale

7.3. Perspective de dezvoltare ulterioară a cercetării

BIBLIOGRAFIE

*

*

*

În ultimele decenii, ca o consecință a dezvoltării economice accelerate, problematica riscurilor industriale și ocupaționale, precum și gradul de diversificare a riscurilor reale au devenit din ce în ce mai importante. Un sistem complex are o evoluție ce nu rezultă din analiza răspunsului la un stimul dat (analiză dinamică); altfel spus, dinamica și evoluția unui sistem complex sunt două probleme diferite ce necesită abordări specifice.

Obiectivul general al cercetărilor întreprinse în cadrul tezei de doctorat a constat în elaborarea unei metodologii – cadru și a unei metode holistice și integrate, furnizând atât un ghid de bune practici în domeniu, cât și un instrument operațional dedicat creșterii nivelului de securitate și sănătate în muncă al lucrătorilor, la nivelul evoluției științifice internaționale, dar și adaptat cerințelor legislației naționale în domeniu.

Finalitatea practică a tezei de doctorat a fost de a face legătura între analiza de risc și analiza diagnostic pentru:

- ❖ a propune, în primul rând o modelare comună a acestor două domenii ale securității funcționării sistemelor ;
- ❖ a realiza, în al doilea rând, integrarea informațiilor de nivel-expert dobândite prin analiza riscurilor (efectuată prin metoda AMDEC) în analiza diagnostic, în scopul afinării finale a rezultatelor analizei diagnostic; se urmărește astfel prognozarea defectărilor și ale consecințelor acestora asupra securității sistemului „injectând” rezultatele analizei diagnostic în rezultatele analizei riscurilor.

Teza de doctorat este structurată pe 7 capitole și cuprinde 168 pagini, 114 figuri, 29 tabele, și 148 de referințe bibliografice.

Structura pe capitole a lucrării urmărește o abordare procesuală, prin care fiecare capitol prezintă aspecte care ulterior au fost introduse în concepția și elaborarea metodei. În cadrul lucrării de doctorat sunt prezentate sintetic și sistematic cercetările proprii, care reprezintă rezultatul coordonării eforturilor de documentare, de culegere și prelucrare a datelor, precum și de analiză, sinteză și concepție.

În **capitolul 1**, intitulat „*Stadiul actual și analiza critică a instrumentelor de analiză a riscurilor și diagnoză a securității sistemelor*”, am realizat o analiză critică comparativă între instrumentele de analiză a riscurilor și a metodelor de analiză diagnostic, pentru a evidenția punctele comune și elementele specifice care le diferențiază. Am constatat că analiza AMDEC, prin aspectele funcționale și structurale caracteristice metodologiei sale, se prezintă ca o metodă

de analiză a riscurilor care ar putea fi integrată în cadrul unui Diagnostic de Securitate-Sistem, având avantajul (în raport cu metodele de analiză a caracterului comun FDI) de a oferi diagnosticuri multiple și non-exonerate.

Capitolul 2, „*Analiza modurilor de defectare, a efectelor și a criticității*” este consacrat prezentării metodei AMDEC, ca tehnică de analiză exhaustivă și riguroasă de tip brainstorming, care fructifică experiența și competența fiecărui participant. Scopul aplicării metodei îl reprezintă identificarea acțiunilor corective ce trebuie aplicate pentru ameliorarea unui sistem, pe baza unei triplete: *cauză – mod de defectare – efect*.

Metoda AMDEC este extrem de eficace când este aplicată în analiza defectărilor simple ale elementelor ce conduc la defectarea globală a sistemului. Datorită caracterului sistematic și a rețelei de studiu fin, metoda constituie un instrument prețios de identificare a defectărilor potențiale și a mijloacelor de limitare a efectelor și a probabilității de producere.

Capitolul 3, „*Formalizarea funcțională și comportamentală destinată cooperării integrative a analizei riscurilor și diagnosticului de securitate*” este dedicat stabilirii unui fundament comun de abordare a analizei riscurilor în corelație cu diagnosticul de securitate-sistem, prin propunerea de instrumente de modelare structurală, funcțională și comportamentală aplicabile sistemelor industriale complexe. În continuare, am dezvoltat o matrice a disfuncțiilor pentru a crea premisele integrării informatice ale rezultatelor analizei AMDEC.

În **capitolul 4**, „*Integrarea rezultatelor analizei AMDEC în analiza diagnostic*” se propune un instrument de diagnostic ale cărui rezultate vor permite realizarea legăturii cu analiza de risc efectuată asupra sistemului investigat. Bazat pe restricțiile specifice diferitelor modele comportamentale și modurilor asociate acestora și pe integrarea rezultatelor analizei AMDEC (sub forma de cunoștințe nivel-expert), s-au elaborat proceduri detaliate de diagnostic, care vor permite completarea diagnosticurilor incomplete; eliminarea diagnosticurilor fizic imposibile; precizarea modului de defectare implicit responsabil de generarea daunei.

Rezultatele cercetărilor sintetizate în **capitolul 5**, „*Contribuții privind prognozarea defectărilor și creșterea nivelului de securitate operațională a sistemelor industriale*” au permis elaborarea unei metode de prognoză a modurilor de defectare și/sau a modurilor de avariere ale unui sistem industrial. Metoda a fost dezvoltată pornind de la metodele actuale de analiză a riscurilor și completată astfel încât să permită luarea în considerare a probabilității de producere a defectărilor și a întârzierii lor de producere, prin introducerea noțiunii de Funcție de Probabilitate pe Eveniment asociată fiecărui eveniment. Astfel devine posibilă stabilirea listei riscurilor potențiale specifice sistemului, a probabilităților și întârzierilor de producere ale acestora. Totodată, pentru a putea controla astfel de riscuri potențiale, se propune o metodologie de „punere în securitate”, bazată pe analiza Grafului Cauzal al Disfuncțiilor și stabilirea punctelor critice care trebuie monitorizate și acțiunile care trebuie întreprinse pentru a elimina și/sau preveni materializarea riscurilor potențiale.

Studiul de caz realizat în **capitolul 6**, „*Studiu de caz: aplicarea metodologiei propuse la un proces industrial exoterm*” a permis validarea instrumentelor și metodelor propuse, prin aplicarea acestora în cazul unui sistem tehnic industrial care operează într-un proces exoterm din industria chimică. Studiul de caz efectuat asupra unui procesului exoterm de fabricație industrială a unui produs chimic, proces a cărui operare este realizată prin intermediul instalației tehnologice a validat aplicabilitatea diferitelor metode propuse în capitolele precedente. Prin intermediul instrumentelor de modelare dezvoltate în capitolul 3 și a tehnicilor de diagnoză elaborate și prezentate în capitolele 4 și 5 s-au determinat elementele a priori în stare de defect, s-au identificat modurile de defect, eliminându-se și eventualitatea menținerii diagnosticurilor incoerente și/sau fizic imposibile. Pe acest fundament practic, analiza Grafului Cauzal al Disfuncțiilor a făcut posibilă detectarea modurilor viitoare de defectare și/sau defect ale sistemului investigat, precum și stabilirea punctelor critice ale sistemului, care necesită monitorizare în vederea evitării riscurilor identificate.

Ultimul capitol al tezei de doctorat, „*Concluzii generale, contribuții personale și perspective de dezvoltare*” sintetizează concluziile generale, contribuțiile personale și, ca urmare

a aprofundării cunoștințelor în domeniul tezei, al contribuțiilor originale aduse, propune pentru viitor un ansamblu coerent de direcții de cercetare viitoare privind îmbunătățirea ansamblului de instrumente și metode dezvoltate, aprofundarea ideilor și conținutului cercetării, și aplicarea acestor instrumente de diagnostic și prognoză la alte sisteme decât cele de natură fizică. Cu siguranță, modelarea prin resurse și funcțiuni sugerează posibilitatea extrapolării la sistemele de management, indiferent de natura acestora.

Gradul de noutate al lucrării constă în modul de abordare gradual, procesual, fundamentat pe cele mai noi cunoștințe, teorii și ipoteze, într-o formă care să permită înțelegerea conceptelor, fenomenelor, analiza diferitelor tipuri de efecte fizice și impacturi generate de disfuncțiile tehnice de tipul defectelor, defectărilor, modurilor în care acestea survin și se înlănțuie în scenarii evenimentțiale, precum și valorificarea cunoașterii specifice asociate prin dezvoltarea metodologiei integrată de analiză a riscurilor și de diagnosticare a securității sistemelor industriale.

Pentru a veni în sprijinul tuturor factorilor interesați/afecțați de securitatea instalațiilor industriale (operatori, autorități competente, populația etc.), lucrarea de doctorat s-a materializat, în primul rând prin fundamentarea conceptuală și formalizarea matematică și logică a unei noi metodologii care să integreze eficient instrumentele de analiză a riscurilor cu cele de diagnosticare a securității operării sistemelor. Metodologia elaborată este direct aplicabilă în practica curentă a unităților industriale pentru a permite analiza riscurilor și diagnoza de securitate printr-o procedură sistematică, științifică, holistică și integrată.

Gradul de complexitate. Având în vedere natura fenomenelor abordate, explozia informațională, precum și evoluția cercetării științifice în domeniu, pentru conceptualizarea sistemului industrial complex, pentru fundamentarea teoretică a modelelor matematice utilizate, pentru elaborarea instrumentelor de analiza integrată risc – diagnostic securitate au fost necesare cunoștințe din mai multe domenii (matematici superioare, teoria sistemelor, fizică, chimie, dinamica fluidelor, informatică), ceea ce conferă tezei realizate un caracter interdisciplinar și multidisciplinar.

Lucrarea a fost abordată *specific* (prin formalizarea funcțională și comportamentală destinată cooperării integrative a analizei riscurilor și diagnosticului de securitate), *măsurabil* (prin definirea legilor de probabilitate constante pe intervale, numite *Funcții de Probabilitate pe Episod* și cuantificarea acestora în corelație cu fiecare mod de defectare din Graficul Cauzal al Disfuncțiilor, obținându-se astfel o *probabilitate în funcție de timp*), *adecvat* (problemă curentă la nivel internațional), *rezultatele* obținute având potențialul de a contribui la înțelegerea fenomenelor, adoptarea deciziilor și educarea factorilor implicați în aprecierea riscurilor în sistemele socio – tehnice complexe industriale, respectiv la creșterea nivelului de securitate al amplasamentelor industriale și al securității și sănătății lucrătorilor.

Concluziile generale ale tezei

- Relevanța și actualitatea temei este determinată de importanța hotărâtoare care se acordă reducerii riscurilor în sistemele tehnice și de muncă din industrie, respectiv creșterii securității și sănătății în muncă.
- Abordarea holistică a sistemelor industriale, tehnice, tehnologice și procesuale, prin componentele structurii lor de ierarhie, organizaționale și de adoptare deciziilor este o condiție necesară pentru a se asigura un management corespunzător al acestora. Controlul riscurilor tehnice acoperă totalitatea metodelor, mijloacelor, analizelor, procedurilor și acțiunilor aplicate, pe durata întregului ciclu de viață al unui sistem, pentru a elimina sau a face acceptabile riscurile asociate.

- Modul de abordare a securității sistemelor, fie ele industriale, de muncă, tehnice sau socio-tehnice complexe, evoluează pe parcursul întregii durate a ciclului de viață al sistemului, în funcție de actorii implicați: proiectant, angajator și operator.
- Există o mare diversitate de metode de analiză și a riscurilor. Ansamblul metodelor se caracterizează prin varietate, atât din punct de vedere al abordării generale cât și al domeniului de aplicabilitate. Una din principalele limitări ale metodelor cunoscute derivă din absența transferabilității la categorii diferite de sisteme tehnice și/sau de muncă. Practica a demonstrat că demersul de analiză a riscurilor este complex și că mai multe variabile pot să influențeze estimarea adecvată a nivelului de risc pentru fiecare componentă a unui sistem.
- Metodele de analiză a riscurilor aplicate în diverse țări pot să conducă la rezultate diferite, chiar contradictorii. În unele cazuri, pentru același sistem, este posibil să impună solicitarea unor niveluri diferite de securitate intrinsecă sau operațională. Această constatare poate fi cu certitudine extinsă pentru numeroase metode de evaluare.
- Sistemul de muncă corespunde unui sistem socio – tehnic elementar format din operatori umani aflați în interacțiune cu un sistem tehnic. De aici rezultă importanța analizei funcționale și structurale care definește modul de organizare al componentelor sistemului.
- Nu există metodă universală și nici soluții de general valabile pentru analiza riscurilor. Fiecare demers are specificitatea lui. Mai mult, metodele nu sunt clar delimitate. Există variante și combinații. Calitatea rezultatelor depinde astfel în mare măsură de capacitatea analistului de a selecta metoda cea mai adecvată obiectivului urmărit și – mai important – de a aplica diverse metode complementare într-o manieră adaptată finalității vizate care ar trebui să rămână: asigurarea sănătății, securității și stării de bine în muncă a lucrătorilor.
- Scopul aplicării metodei AMDEC îl reprezintă identificarea acțiunilor corective ce trebuie aplicate pentru ameliorarea unui sistem, pe baza unei triplete: *cauză – mod de defectare – efect*. Metoda AMDEC este extrem de eficace când este aplicată în analiza defectărilor simple ale elementelor ce conduc la defectarea globală a sistemului. Datorită caracterului sistematic și a rețelei de studiu fin, metoda constituie un instrument prețios de identificare a defectărilor potențiale și a mijloacelor de limitare a efectelor și a probabilității de producere.
- În cazul sistemelor complexe, cuprinzând un număr mare de componente, AMDEC poate deveni foarte dificil de aplicat, datorită volumului foarte mare de informații ce trebuie prelucrate. Această dificultate este minimizată în cazul în care sistemul analizat include numeroase stări de funcționare. De altfel, metoda AMDEC analizează doar defectări simple și poate fi eficient completată, în funcție de obiectivele analizei, prin metode de studiu a defectărilor multiple, cum ar fi metoda analizei prin arborele de defectare.
- Grafurile cauzale se bazează pe relațiile cauză – efect. Abordarea cauzală este o metodă de modelare larg aplicată în toate domeniile științifice, fiind foarte răspândite în toate formalizările raționamentelor calitative. Modelele cauzale au avantajul de a reprezenta relațiile și interacțiunile care leagă toate elementele unui model. Utilizând grafurile cauzale putem crea modele pentru diagnosticarea unui sistem.
- Principiul diagnosticării se bazează – în esență – pe explicitarea comportamentului resurselor unui sistem, în funcție de valorile evidențiate de traductori și/sau provenite de la dispozitivele de acționare. Explicitarea se realizează prin verificarea constrângerilor/restricțiilor asociate resurselor. Înainte de realizarea analizei diagnostic trebuie efectuate teste de detecție care să permită generarea simptomelor.
- Asocierea dintre modul de comportament și restricțiile asociate unei resurse a sistemului industrial investigat reprezintă legătura dintre modelul structural și modelul comportamental și asigură fundamentul analizei diagnostic.
- Prognozarea în timp real a defectelor și a modurilor de defectare survenite pe parcursul operării unui proces sau al unei instalații industriale va permite controlul în fiecare moment a instalației industriale în scopul adaptării măsurilor preventive și/sau corective care se impun;

obiectivul este de a proteja, în măsura posibilului, produsele finite, bunurile, instalația însăși, și – în mod special - securitatea și sănătatea lucrătorilor.

Contribuții personale

1) Pentru evidențierea legăturilor dintre analiza riscurilor și analiza diagnostic s-a impus necesitatea investigării conceptelor specifice fiecărui domeniu și necesitatea elaborării de modele și instrumente care să permită interactivitatea. În acest sens, am realizat o analiză critică comparativă a instrumentelor de analiză a riscurilor și a metodelor de analiză diagnostic, pentru a evidenția punctele comune și elementele specifice care le diferențiază. Am constatat că analiza AMDEC, prin aspectele funcționale și structurale caracteristice metodologiei sale, se prezintă ca o metodă de analiză a riscurilor care ar putea fi integrată în cadrul unui Diagnostic de Securitate-Sistem.

2) Am decelat și argumentat faptul că majoritatea analizelor de risc se bazează pe modelarea structurală și funcțională a sistemului, pe când analiza diagnostic se întemeiază esențialmente pe modelarea structurală și comportamentală. Am propus instrumente de modelare structurală, funcțională și comportamentală aplicabile sistemelor industriale complexe. În acest scop am dezvoltat:

- un **model structural** bazat pe conceptul de **resursă**, resursa putându-se afla în anumite moduri (mod normal, mod de defectare, mod fizic imposibil);
- un **model comportamental**, bazat pe discretizarea variabilelor sistemului
- un **model funcțional** care să permită extinderea formalismului analizei AMDEC.
- În continuare, am dezvoltat o matrice a disfuncțiilor pentru a crea premisele **integrării informatice** ale rezultatelor analizei AMDEC. Pe baza restricțiilor specifice diferitelor modele comportamentale și modurilor asociate acestora și pe integrarea rezultatelor analizei AMDEC, a devenit posibilă elaborarea unor proceduri detaliate de diagnostic.

3) Am dezvoltat un instrument de diagnostic ale cărui rezultate vor permite realizarea legăturii cu analiza de risc efectuată asupra sistemului investigat. Detaliind noțiunile de defectare, cauză, efect etc., formalismul propus va permite integrarea rezultatelor analizei AMDEC în analiza diagnostic sub formă de cunoștințe nivel – expert, complementare însăși modelului comportamental al sistemului

4) Modelele de comportament fizic imposibil au fost luate în considerare direct, în faza identificării diagnosticurilor prin abordarea DX. Am propus ca utilizarea modelelor de comportament fizic imposibil să se facă „ *a posteriori*”, pentru a fi capabili să eliminăm diagnosticurile fizic imposibile.

5) Am elaborat algoritmi de căutare a modurilor de defectare, atât pentru defectările primare, cât și pentru cele secundare. Algoritmii analizează fiecare diagnostic pentru a determina modurile de defectare ale fiecărei resurse implicate în diagnostic. Diagnosticurile sunt tratate prin intermediul ordinului de multiplicitate, dar orice ordin ar fi posibil, chiar și unul aleatoriu. Pentru a limita complexitatea propagării valorilor în modelul de comportament, s-a stabilit să nu propagăm decât valorile aferente resurselor implicate în teste, și asta pentru fiecare test efectuat.

6) Am stabilit că ipoteza cea mai importantă pe parcursul propagării este de a considera că doar diagnosticurile testate se pot comporta în mod defectuos, deoarece chiar acest lucru încercăm să îl verificăm. În consecință, în timpul propagării valorilor, doar restricțiile asociate modurilor de defectare al diagnosticurilor testate vor fi luate în considerare și, pe de altă parte, doar restricțiile asociate funcționării corecte vor fi luate în considerare pentru celelalte resurse.

7) Pe baza restricțiilor asociate diferitelor modele de comportament și pe baza modurilor lor asociate, precum și prin integrarea rezultatelor analizei AMDEC, cu titlu de cunoștințe nivel – expert, sub forma Grafului Cauzal al Disfuncțiilor, am propus proceduri de diagnosticare destinate detalierei procedurilor actuale de diagnosticare. Pentru a contracara complexitatea legilor de probabilitate continuă, am propus definirea legilor de probabilitate constante pe intervale. Acestea au fost asociate fiecărui mod al Grafului Cauzal al Disfuncțiilor pentru a îi

defini o *probabilitate în funcție de timp*. Apoi, am dezvoltat diferitele porți logice care au fost utilizate. Rezultatele cercetărilor au permis elaborarea unei metode de prognoză a modurilor de defectare și/sau a modurilor de avariere ale unui sistem industrial. Metoda a fost dezvoltată pornind de la metodele actuale de analiză a riscurilor și completată astfel încât să permită luarea în considerare a probabilității de producere a defectărilor și a întârzierii lor de producere.

9) Totodată, pentru a putea controla astfel de riscuri potențiale, am propus o metodologie de „*punere în securitate*”, bazată pe analiza Grafului Cauzal al Disfuncțiilor și stabilirea punctelor critice care trebuie monitorizate și a acțiunilor care trebuie întreprinse pentru a elimina și/sau preveni materializarea riscurilor potențiale.

10) Pentru a veni în sprijinul tuturor factorilor interesați/afecțați de securitatea instalațiilor industriale), lucrarea de doctorat s-a materializat, în primul rând prin fundamentarea conceptuală și formalizarea matematică și logică a unei metodologii care să integreze eficient instrumentele de analiză a riscurilor cu cele de diagnosticare a securității operării sistemelor.

11) Am realizat validarea metodologiei integrate propuse prin studiul de caz realizat, utilizând date și informații colectate de la o unitate industrială care include sisteme tehnice complexe. Studiul de caz realizat în capitolul 5 a investigat un proces de fabricație industrială a unui produs chimic, de la o societate comercială din economia națională și a permis confirmarea – prin rezultatele obținute - a aplicabilității instrumentelor și metodelor propuse.

12) Prin intermediul instrumentelor de modelare dezvoltate în capitolul 3 și a tehnicilor de diagnoză elaborate și prezentate în capitolele 4 și 5 s-au determinat elementele a priori în stare de defect, s-au identificat modurile de defect, eliminându-se și eventualitatea menținerii diagnosticurilor incoerente și/sau fizic imposibile. Pe acest fundament practic, analiza Grafului Cauzal al Disfuncțiilor a făcut posibilă detectarea modurilor viitoare de defectare și/sau defect ale sistemului investigat, precum și stabilirea punctelor critice ale sistemului, care necesită monitorizare în vederea evitării riscurilor identificate.

13) Metodologia elaborată este direct aplicabilă în practica curentă a unităților industriale pentru a permite analiza riscurilor și diagnoza de securitate printr-o procedură sistematică, științifică, holistică și integrată, într-un format “user friendly”.

Perspective de dezvoltare ulterioară a cercetării

Ca urmare a aprofundării cunoștințelor în domeniul tezei și în baza contribuțiilor proprii evidențiate, pentru viitor consider că este necesară continuarea cercetărilor pe următoarele direcții:

- ❖ îmbunătățirea ansamblului de instrumente și metode propuse, prin:
 - luarea în considerare a aspectelor dinamice ale diagnosticului de securitate și dezvoltarea unei modelări comportamentale hibride care să permită și detalierea diagnosticării, nu doar a analizei de risc;
 - luarea în considerare în cadrul modelării, nu doar a resurselor, ci și a produselor sistemului care, fie tranzitează, fie sunt supuse unui proces de transformare..
- ❖ aprofundarea ideilor și conținutului cercetării, prin:
 - dezvoltarea unei metodologii particulare de diagnostic funcțional; într-adevăr, în cadrul tezei am realizat legătura dintre resurse și funcțiune Ar părea deci fezabilă extinderea raționamentului la un diagnostic al funcțiunilor;
 - aplicarea acestor instrumente de diagnostic și prognoză la alte sisteme decât cele de natură fizică. Cu siguranță, modelarea prin resurse și funcțiuni sugerează posibilitatea extrapolării la sistemele de management, indiferent de natura acestora.
- ❖ scopul studiilor va include și dezvoltarea unui instrument de conștientizare a lucrătorilor și de instaurare a unei culturi de securitate proactive.