

# ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI



Școala doctorală Informatică Economică

## TEZĂ DE DOCTORAT

Prezentată și susținută public de către autor:

**ALEXANDRU D. COCIORVA**

Titlul tezei de doctorat:

Sisteme de monitorizare pentru soluțiile de e-business

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. Bogdan Ghilic-Micu

Comisia de susținere a tezei de doctorat:

- |   |  |
|---|--|
| Prof. univ. dr. Dârdală Marian (președinte)                 | - Academia de Studii Economice din București |
| Prof. univ. dr. Muntean Mihaela (referent)                  | - Universitatea de Vest din Timișoara        |
| Prof. univ. dr. Mircea Gabriela (referent)                  | - Universitatea de Vest din Timișoara        |
| Prof. univ. dr. Stoica Marian (referent)                    | - Academia de Studii Economice din București |
| Prof. univ. dr. Ghilic-Micu Bogdan (conducător de doctorat) | - Academia de Studii Economice din București |

București, 2024

## Cuprins

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCERE .....   | 7  |
| 1.1 CADRUL ȘTIINȚIFIC ȘI IMPORTANȚA TEMEL.....   | 7  |
| 1.2 SCOPUL CERCETĂRII.....   | 8  |
| 1.3 IPOTEZELE DE CERCETARE .....   | 9  |
| 1.4 SEMNIFICAȚIA ȘI LIMITELE CERCETĂRII .....  | 10 |
| 1.5 CONSIDERAȚII FINALE.....   | 11 |
| 2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII.....   | 12 |
| 2.1 ÎNCEPUTUL SOLUȚIILOR DE MONITORIZARE.....  | 12 |
| 2.2 PREMISE ALE DEZVOLTĂRII SOLUȚIILOR DE MONITORIZARE.....  | 15 |
| 3. STUDII DE CAZ ȘI MĂSURĂTORI.....  | 24 |
| 3.1 STATISTICI IMPLICATE ÎN DEZVOLTAREA APLICAȚIEI DE MONITORIZARE.....  | 24 |
| 3.2 STUDIU DE CAZ CU PRIVIRE LA MONITORIZAREA UNEI PAGINI WEB .....  | 29 |
| 3.3 ÎNREGISTRAREA MĂSURĂTORILOR FOLOSIND GRAFANA CLOUD.....  | 41 |
| 3.4 UTILIZAREA PLATFORMEI MONDAY PENTRU REALIZAREA UNUI PANOU DE<br>MONITORIZARE .....   | 49 |
| 4. REZULTATELE CERCETĂRII .....  | 53 |
| 4.1 PARAMETRII NECESARI REALIZĂRII UNUI SISTEM DE MONITORIZARE PENTRU E-<br>BUSINESS, PRECUM ȘI PREZENTAREA UNUI MODEL CONCEPTUAL..... | 53 |
| 4.2 APORTUL SISTEMELOR DE MONITORIZARE LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PROCESELOR IPCC..  | 60 |
| 4.3 MODELUL UNUI SISTEM DE MONITORIZARE CU APLICAȚII INTERMEDIARE .....  | 61 |
| 4.4 PRINCIPALELE COMPONENTE ALE UNUI SISTEM DE MONITORIZARE.....   | 65 |
| 4.5 ANALIZA LOG-URILOR PENTRU APLICAȚIILE DE MONITORIZARE.....   | 67 |
| 4.6 TEHNOLOGII SUPTATE DE APLICAȚIILE DE MONITORIZARE.....   | 84 |
| 4.7 PROPUNEREA UNOR NOI MODALITĂȚI DE ABORDARE A CADRULUI IPCC,<br>REFLECTATĂ ÎN METRICI.....  | 86 |
| 4.8 DEZVOLTAREA UNEI APLICAȚII DE MONITORIZARE ȚINÂND CONT DE CADRUL<br>APROFUNDAT IPCC.....   | 95 |
| 4.9 SISTEME DE MONITORIZARE CU APLICABILITATE ÎN RAMURI ALE DOMENIULUI<br>ECONOMIC.....  | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.10 ELEMENTE DESCRIPTIVE REFERITOARE LA METRICILE DE BAZĂ DIN CADRUL UNUI SISTEM DE MONITORIZARE.....               | 104 |
| 4.11 IMPLEMENTAREA INSTRUMENTELOR DE MONITORIZARE PRIN UTILIZAREA DIFERITELOR TEHNOLOGII.....                        | 114 |
| 4.11.1 Introducere și aspecte generale.....  | 114 |
| 4.11.2 Alte instrumente PHP pentru dezvoltarea cadrului de funcționalități aferente unui sistem de monitorizare..... | 123 |
| 4.12 UTILITARE SPECIFICE DEZVOLTĂRII DASHBOARD-URILOR.....   | 132 |
| 4.13 EVALUAREA DETALIATĂ A METRICILOR ÎN APM, ÎN RAPORT CU DEZVOLTAREA SOLUȚIEI DE MONITORIZARE.....                 | 140 |
| 4.14 DEZVOLTAREA APLICAȚIEI.....   | 155 |
| 5. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI.....   | 170 |
| 6. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....  | 179 |
| 6. ANEXE.....  | 184 |
| 7. LISTA ABREVIERILOR ȘI ACRONIMELOR.....  | 185 |
| 8. LISTA FIGURILOR.....  | 187 |
| 9. LISTA TABELELOR.....  | 191 |
| 10. LISTA ANEXELOR.....  | 192 |

## **Cuvinte cheie**

ITIL; IPCC; Cloud; IoT; Monitorizare; Sisteme; E-Business; Procese; Framework; AI; ML; Societate informațională; Virtualizare; Market; Soluții; E-Commerce; Aplicații; Algoritmi; Mecanisme; Industrii.

## **Rezumat**

Aportul acestei lucrări constă în realizarea unei îmbinări originale între cadrul aplicabilității proceselor de IT (ITIL), sistemele de monitorizare folosite în analiza performanței aplicațiilor de e-business, precum și mecanismele de ETL folosite în detecția și corecția automată a unor erori de sistem. Astfel, lucrarea prezintă studii de caz, analize și simulări îndreptate în direcția dezvoltării unui sistem de monitorizare care să cuprindă într-un mod cât mai original cu putință, elemente actuale din domeniul IT, ce reprezintă puncte de cercetare, aflate într-o continuă dezvoltare. Prin intermediul soluțiilor de tip cloud, a integrărilor cu platforme dedicate stocării și analizei de date, precum și a elementelor de monitorizare externe (terțe aplicații conectate la aplicația principală), un sistem de monitorizare complex, cu elemente de noutate se poate concepe, dar într-un cadru procesual precum IPCC (ITIL). Elementele din cadrul IPCC (Incident, Problem, Change, Configuration) conlucrează, într-un sistem IT integrat, cu mecanismele ETL și de monitorizare în vederea realizării unei structuri complexe și eficiente care să aducă un aport la îmbunătățirea activității operaționale, de gestionare optimă a proceselor și resurselor aplicațiilor de e-business.

Creșterea gradului de complexitate al structurilor informaționale, în societatea de astăzi, implică dezvoltarea unor modele, în primă fază la nivel conceptual, care să corespundă cerințelor societății informaționale. Datorită faptului că tot mai multe activități economice, și nu numai, își largesc sfera de aplicabilitate, trecând în mediul on-line, se impune necesitatea implementării unor mecanisme de monitorizare și control care să facă față unui flux cât mai mare de date. Pentru a dezvolta un sistem informatic cu grade diferite de complexitate este necesar să se cunoască mai întâi teoria sistemelor informaționale și să se dezvolte un model viabil pe baza acesteia. Astfel, pentru realizarea unui sistem de monitorizare, pentru soluțiile de e-business, este

necesar a se corela informații referitoare la activitatea economică în sine, cu cadrul infrastructurii, tehnologiilor și a proceselor IT. Tot acest ansamblu duce la realizarea unui sistem informatic în sine, iar pentru realizarea unui sistem de monitorizare vor fi implicate elemente din: teoria sistemelor, teoria hazardului, construcția unui model cibernetic, infrastructură IT, procese IT, tehnologii, precum și alte elemente relevante, asociate celor menționate.

Lucrarea de față își propune să definească locul sistemelor de monitorizare pentru soluțiile de e-business în cadrul sistemelor informatice și să dea o direcție în dezvoltarea unor elemente necesare atât monitorizării cât și activității de e-business, prin expunerea unor modele conceptuale.

Dezvoltarea soluțiilor de control și monitorizare vor avea un rol deosebit de important în restrângerea, pe cât posibil, a hazardului informațional și oferirea unor date relevante în scopul luării unor decizii cât mai corecte într-un interval cât mai scurt de timp. Deoarece în literatura de specialitate, în cadrul explicării și exemplificării sistemelor informatice, nu se face referire la o metodă anume de control a datelor sau a proceselor implicate, propun luarea în considerare a dezvoltării unui mecanism de control care să surprindă cât mai multe aspecte ce țin de eficiența proceselor de e-busines și posibilitatea de cuantificare, de metrizare, cu o precizie cât mai ridicată, a acestora. Societatea informațională folosește și propune noi metodologii de lucru pentru a găsi un echilibru între sistemele informaționale create. Pentru a fi în acord cu specificațiile referitoare la metodologia de lucru în domeniul IT, propun relaționarea tuturor elementelor descrise cu ITIL, în speță cu cadrul IPCC (Incident, Problem, Change, Configuration). Datorită faptului că IPCC oferă un cadru de lucru particularizat voi lua în considerare o abordare cât mai generală a acestuia în acord cu ITIL, conform încercării de definire a unui sistem informatic cât mai complex, cu cât mai multe componente relevante. În cadrul acestor metodologii de lucru este important să ținem cont de interdisciplinaritate, pluridisciplinaritate precum și de apariția inevitabilă a riscului. Mecanismele de control vor avea și rolul de a reduce pe cât posibil riscurile apărute în cadrul diverselor procese.

Un sistem de monitorizare și control care să elimine total orice risc nu se va putea realiza, însă există posibilitatea de a preveni anumite incidente și de a scoate în evidență secțiunile ce necesită o atenție deosebită din cauza riscului ridicat. În această ecuație intră managementul riscului precum și cel organizațional, orice întreprindere cu caracter economic fiind în esență o organizație. Sistemele informatice economice descriu cât mai clar elementele constitutive ale unei

organizații precum și mecanismele de control menite a elimina redundanțele informaționale și a reduce cât mai mult riscurile de apariție a unor incidente neprevăzute. Analiza de infrastructură precum și a informației, corelarea tuturor elementelor implicate într-o organizație se poate face numai cu ajutorul unui sistem informatic complex ce are atât rolul de reglare cât și de evaluare, monitorizare și control. Între toate elementele menționate implicate în diverse procese de e-business, există o relație de interdependență și biunivocitate, sistemele fiind interrelaționate.

Incidența evenimentelor neprevăzute în cadrul unei infrastructuri IT a crescut foarte mult în ultimii ani, în speță datorită creșterii complexității sistemelor utilizate în rețelistică, a sistemelor de aplicații distribuite și a tuturor factorilor ce influențează componența sistemelor IT de orice fel. În cercetarea referitoare la managementul incidentelor, a schimbărilor în infrastructura IT, un rol foarte important l-a avut și îl are în continuare Teoria Sistemelor, care încearcă să definească, așa cum am menționat mai sus, atât elementele ce fac parte dintr-un sistem IT cât și legăturile dintre acestea. Pe baza rezultatelor cercetărilor, utilizând de asemenea metodele empirică și statistică, putem defini ce rol are un sistem IT în mediul de afaceri, cum poate influența procesele economice și care este aportul general adus în economie. Astăzi, majoritatea activităților dintr-o organizație depind de tehnologia informațională și felul în care aceasta este implementată, motiv pentru care o mare parte din investițiile realizate se îndreaptă în direcția aceasta. Sistemele IT și tehnologiile implementate au ajuns la un grad de complexitate atât de mare încât, nu doar în cadrul unei organizații se poate observa acest aspect dar și între diferite organizații, firmele fiind chiar dependente unele de altele prin diverse relații economice sau de afaceri. Astfel, se poate observa, la nivel general, o rețea de sisteme IT ce necesită diverse metode de abordare în ceea ce privește implementarea și monitorizarea soluțiilor. Trebuie avut în vedere ca realizarea unei astfel de rețele să nu îngreuneze mai mult activitățile firmelor, fapt ce se poate îndeplini numai prin implementarea unor soluții cât mai eficiente de monitorizare, ținând cont de metodologiile de lucru specifice atât la nivel organizațional, cât și la nivel general. Practic, în cadrul acestei lucrări, voi propune câteva direcții de abordare referitoare la crearea și implementarea unor soluții de monitorizare, în funcție de procesele ITIL, ca metodologie generală de lucru într-o organizație IT.

Utilizând metodologia ITIL, setul de concepte IPCC, în acest cadru, își face simțită prezența necesitatea introducerii unor sisteme de monitorizare, care să cuantifice eficiența proceselor aplicate, prin diferiți indicatori de măsurare, realizarea rapoartelor de performanță, a

celor de incidență, evidențiind: ce nivel de activitate s-a înregistrat, câte întreruperi au fost în sistem și de ce natură, ce neconcordanțe sau probleme majore au apărut, care a fost gradul de impact și cum pot fi evitate problemele, prin analiza factorilor de risc.

În cadrul acestei lucrări îmi propun să aduc un aport relației metodologie de lucru – sistem de monitorizare printr-o nouă abordare care să permită includerea tuturor aspectelor legate de IPCC într-o platformă/aplicație complexă de monitorizare. Realizarea proiectului pilot va implica, din punct de vedere al sistemului informatic, următoarele:

- Un cadru foarte bine definit a tot ceea ce înseamnă procesele de IPPC și cum pot fi acestea aplicate pentru aducerea unui aport real la mediul de afaceri, pe partea de e-business. Aici se va realiza și un studiu de caz pe diverse situații concrete.
- Stabilirea capacităților tehnologice în vederea realizării soluției și a implementării acesteia. Documentarea pe marginea tehnologiei alese, Php, și analiza diverselor funcții, proceduri pentru a evalua posibilitatea de implementare a ceea ce presupune un sistem complex de monitorizare. De asemenea, stabilirea tehnologiilor adiacente folosite (HTML, CSS, Javascript, etc.) cât și definirea integrărilor este necesară (API-uri, obiecte embedded, dacă va fi nevoie).
- Stabilirea infrastructurii IT (număr și tipuri de servere, număr și tipuri de hard disk-uri, tip de rețea folosită, precum și alte elemente necesare)
- Definirea unui proces de e-business care să reprezinte elementul central, pe baza căruia se construiește analiza necesității implementării sistemului de monitorizare, precum și eventualele elemente adiacente procesului, constituind obiectul unei idei complexe de e-business.

Aportul adus, se va putea observa atât la nivel general, al întregului sistem informatic creat, cât și pe fiecare punct descris mai sus, evidențiind o abordare diferită față de ceea ce înseamnă aplicabilitatea clasică a unui sistem informatic de monitorizare. De asemenea, se va analiza și posibilitatea integrării în cloud a sistemului de monitorizare creat și care ar fi beneficiile realizării acesteia.

În cadrul capitolului **“Stadiul actual al cercetării”** se dorește prezentarea situației actuale a sistemelor de monitorizare în sfera APM (Monitorizarea Performanței Aplicațiilor) ca parte constitutivă a domeniului informaticii, în contextul creșterii complexității ecosistemelor IT, cu o influență directă în societatea informațională. Astfel, se dorește reliefarea importanței

dezvoltării și implementării sistemelor de monitorizare, în speță, în cadrul aplicațiilor de e-business.

În cadrul capitolului “**Studii de caz și măsurători**” sunt prezentate aspecte relevante ale cercetării, pornind de la statistici implicate în dezvoltarea unei aplicații de monitorizare (statistici efectuate pe seturi de date ale aplicației Dynatrace, folosind metode specifice) și ajungând la simulări pe date înregistrate în timp real, în aplicații de monitorizare precum Grafana și Monday. Aspecte referitoare la metrici web sunt prezentate ca parte importantă a procesului de monitorizare, utilizând instrumentul de măsurători web Lighthouse precum și platforme web precum Pingdom și GTmetrix. Testele de metrici web au fost realizate pe un website realizat cu scop experimental.

Penultima secțiune a tezei, și cea mai cuprinzătoare, prezintă **rezultatele cercetării realizate folosind diverse metode experimentale**, teste realizate în cadrul diverselor aplicații de monitorizare: Grafana, TrueSight, Nagios precum și simulări folosind diverși parametri în cadrul unor scenarii din segmentul de operațiuni. De asemenea, din punct de vedere experimental și conceptual, s-au folosit panouri de vizualizare (dashboard-uri) în vederea reliefării metricilor precum și a parametrilor analizați în cadrul studiului despre aspectele monitorizării. Astfel, prin construirea unor vizualizări de tip Tableau, am simulat un tip de panou ce integrează elemente IPCC în cadrul unui mecanism complex de monitorizare, realizând astfel legătura între cadrul aplicabil ITIL și elementele de infrastructură.

**Concluziile și recomandările** de la finalul tezei surprind elementele principale de noutate precum și aspectele importante referitoare la implementarea sistemelor de monitorizare precum și diverse modalități de abordare a acestora într-o societate digitalizată complexă, în era societății informaționale. Astfel, punctul de interes principal este centrat pe abordarea (cu caracter de noutate) sistemelor de monitorizare în relație cu elementele IPCC din cadrul ITIL, punându-se accent pe aportul dezvoltării proceselor de IPCC (Incident, Problem, Change, Configuration) în contextul de cercetare creat. Din concluziile și recomandările trasate rezultă noi abordări cu privire la dezvoltarea relației între sistemele de monitorizare complexe și cadrul IPCC, precum și aportul acestui ansamblu în dezvoltarea zonei e-business precum și a segmentului digital market.