

**UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU
INSTITUTUL DE ORGANIZARE A STUDIILOR
DOCTORALE ȘI POSTDOCTORALE**

Domeniul de doctorat Cibernetică și Statistică

TEZA DE ABILITARE

**Suport decizional în afaceri cu învățare automată
și fluxuri de lucru pentru predicții analitice**

Candidat:
Conf. univ. dr. Florin STOICA

Sibiu 2022

Rezumat

Analiza predictivă a primit multă atenție în ultimii ani datorită progreselor în tehnologiile de suport, în special în domeniile big data și învățarea automată.

Cu analiza predictivă, organizațiile pot găsi și exploata tiparele conținute în date pentru a detecta riscurile și oportunitățile. Pot fi concepute modele, de exemplu, pentru a descoperi relațiile dintre diverși factori de comportament.

Organizațiile folosesc analiza predictivă în aplicațiile CRM (gestionarea relațiilor cu clienții) pentru campanii de marketing, vânzări și servicii pentru clienți, în producție pentru a prezice locația și rata defecțiunilor mașinilor, în serviciile financiare pentru a prognoza tendințele pieței financiare și a prezice impactul noilor politici, legi și reglementări privind afacerile și piețele etc.

Analiza predictivă este un proces de business care constă în colectarea datelor, dezvoltarea modelului predictiv optimizat și punerea la dispoziție a analizelor pentru beneficiari prin aplicații și instrumente de vizualizare a datelor.

Analiza predictivă are scopul de a furniza predicții despre rezultatele viitoare pe baza datelor istorice și a tehnicilor de analiză, cum ar fi modelarea statistică și data mining. Datele istorice sunt folosite pentru a construi un model matematic (model predictiv) care este utilizat pe datele curente pentru a prezice ce se va întâmpla în continuare sau pentru a sugera acțiuni de întreprins pentru rezultate optime.

Organizațiile folosesc analiza predictivă pentru a verifica datele actuale și istorice, pentru a detecta tendințe și pentru a prognoza evenimentele și condițiile care ar trebui să apară la un moment dat, pe baza parametrilor furnizați.

De obicei, datele istorice sunt folosite pentru a construi un model matematic care surprinde tendințe importante. Modelele predictive sunt fundamentul analizei predictive și implică tehnici avansate de învățare automată pentru a explora date și a permite analiștilor să facă predicții.

Analiza predictivă poate fi utilizată pentru stabilirea proporțiilor în activitatea de exploatare financiară, politica strategică și financiară a întreprinderii, cu influențe pozitive sau negative asupra procesului de producție și asupra fenomenelor economico-financiare, în vederea realizării rentabilității, echilibrului și prevenirea riscului de faliment.

Teza de abilitare intitulată „Suport decizional în afaceri cu învățare automată și fluxuri de lucru pentru predicții analitice” prezintă o sinteză a activității academice, a rezultatelor activității de cercetare și a perspectivelor de dezvoltare a carierei profesionale a conf. univ. dr. Florin Stoica.

Teza de abilitare este împărțită în următoarele secțiuni principale: (1) Realizări academice, științifice și profesionale; (2) Rezultatele cercetării științifice; (3) Perspective de dezvoltare academică, științifică și profesională.

Prima secțiune conține realizările academice, științifice și profesionale ale candidatului.

A doua parte conține principalele rezultate ale cercetării candidatului, conexe temei principale a tezei. Rezultatele cercetării sunt grupate în trei subsecțiuni:

1. Suport decizional cu calcul evolutiv distribuit;
2. Modelarea și verificarea formală a aplicațiilor de afaceri cu logici temporale;
3. Algoritmi și instrumente de învățare automată pentru analiză predictivă.

Subiectul „Suport decizional cu calcul evolutiv distribuit” include rezultatele cercetării publicate în: Un nou operator genetic de co-mutație, Construirea unui sistem de suport decizional pentru planificarea producției pe termen lung folosind un algoritm genetic distribuit, Utilizarea algoritmilor genetici și simulării ca suport decizional în strategiile de marketing și planificarea producției pe termen lung, Utilizarea algoritmului genetic Breeder pentru a optimiza un model de analiză de regresie multiplă.

Calculul evolutiv oferă o capacitate inerentă de a optimiza mai multe obiective simultan, datorită faptului că se bazează pe o populație în care un individ poate codifica mai multe variabile de optimizare. Prin exploatarea acestor avantaje, am dezvoltat o abordare bazată pe utilizarea modelelor de simulare și a algoritmilor genetici pentru generarea unui plan de producție agregat pentru a maximiza profitul total al unei companii. Pentru a îmbunătăți procesul de optimizare, am dezvoltat un operator de co-mutație original a cărui performanță a fost demonstrată teoretic și validată prin experimente. Metodologia descrisă oferă un instrument care ajută conducerea unei companii să decidă care dintre soluțiile posibile este optimă pentru a deveni planul de producție. Sistemul propus preia date dintr-un sistem de business, include un model de simulare și un algoritm genetic distribuit pentru a oferi suport decizional în scopul determinării deciziilor optime în ceea ce privește planificarea producției pe termen lung și strategiile de marketing. Pentru a îmbunătăți timpul de răspuns, întregul sistem este distribuit pe mai multe mașini din rețea.

Tema „Modelare și verificare formală a aplicațiilor de afaceri cu logici temporale” include următoarele rezultate ale cercetării: Implementarea unui verificator de modele ATL utilizând concepte de algebră relațională, Verificarea modelelor ATL în cloud, Verificarea agenților JADE utilizând modele ATL, Verificarea formală a proceselor de business folosind instrumente de verificare a modelelor ATL.

Verificarea unui sistem software implică confirmarea faptului că sistemul în cauză se comportă așa cum a fost proiectat să se comporte. Validarea proiectării implică verificarea dacă designul unui sistem satisface specificarea cerințelor acestuia. Ambele sarcini, verificarea sistemului și validarea proiectării pot fi realizate în mod temeinic și fiabil folosind metode formale bazate pe modele.

Principala preocupare a metodelor formale în general, și a verificării modelelor în special, este de a contribui la proiectarea sistemelor corecte, fără erori. Detectarea și eliminarea erorilor cât mai devreme posibil în ciclul de proiectare este în mod clar un imperativ economic.

Folosind verificatorul nostru de modele ATL (Alternating-Time Temporal Logic), bazat pe ANTLR (Another Tool for Language Recognition) și expresii algebrice relaționale traduse în

interogări SQL, am dezvoltat o metodologie pentru verificarea automată a sistemelor multi-agent, dezvoltate cu framework-ul JADE.

Soluția pentru un mediu de afaceri în schimbare, volatil, este construirea de procese de business flexibile, pentru a fi ușor aliniată cu nevoile și cerințele actuale ale afacerilor. Fiabilitatea unui proces de business poate fi crescută prin modelarea procesului înainte de implementarea codului, urmată de verificarea corectitudinii acestuia. Verificarea formală a modelelor de procese business are ca scop verificarea corectitudinii proceselor și a conformității acestora cu mediul economic în care se integrează.

O altă direcție de cercetare prezentată în această subsecțiune se referă la verificarea formală și automată a cerințelor de calitate impuse unui anumit proces de business folosind instrumentul de verificare a modelelor ATL, prin definirea corespondențelor formale între conceptele BPMN 2.0 și componentele structurilor de joc concurrent ATL.

Subiectul „Algoritmi și instrumente de învățare automată pentru analiză predictivă” include rezultatele cercetării publicate în: Optimizare automată a regresiei cu vectori suport pentru predicția datelor financiare, Descoperirea sensului datelor prin vizualizare interactivă, Analizarea pieței de valori ca pârghie economică, folosind un model calitativ și respectiv cantitativ, Instrument integrat pentru analiză predictivă asistată.

Pe măsură ce tot mai multe companii încep să înțeleagă beneficiile și valorile pe care analiza predictivă le poate aduce, devine evidentă creșterea tendinței de adoptare a acesteia.

În contextul data mining, analiza predictivă se asociază cu analiza statistică pentru a oferi o combinație de tehnici pentru descoperirea cunoștințelor. Analiza predictivă îi ajută pe factorii de decizie să facă alegeri și să rezolve probleme care au un impact de lungă durată.

Analiza predictivă este realizată în esență prin învățare automată și fundamentată prin tehnici statistice pentru modelarea, analiza și deducerea cunoștințelor.

Domeniul ingineriei financiare se bazează foarte mult pe noțiunea de predicție. Prognoza seriilor de timp financiare este o problemă dificilă, deoarece mediul financiar este în continuă schimbare, iar eficiența pieței influențează puternic predictibilitatea. Abordarea propusă, prezentată în această subsecțiune, numită Nucleu multiplu optim – Regresie cu vectori suport (OMK-SVR), se bazează pe mai multe nuclee SVR construite și optimizate folosind metode hibride. Metoda noastră hibridă permite, de asemenea, reglarea modelului predictiv, prin alegerea automată a parametrilor optimi pentru modelul SVR. Metoda prezentată oferă un nucleu multiplu optim și parametri optimi în regresia cu vectori suport, îmbunătățind acuratețea predicției privind prognoza seriilor de timp financiare.

Accentul puternic pus pe metodele de vizualizare a datelor în predicțiile analitice se reflectă în mod evident asupra popularității diagramelor de dispersie în multe industrii. Vizualizările facilitează descoperirea tiparelor și tendințelor și identificarea oportunităților de analiză ulterioară aprofundată.

Interacțiunea în vizualizarea datelor permite explorarea și descoperirea rapidă a tiparelor de date pe care utilizatorul nu le-ar fi intuit fără acest suport. Funcționalitățile analizate în

instrumentele și aplicațiile de vizualizare a datelor sunt: *tooltips*, filtrarea datelor, *drill down / drill up* etc.

Industria în ansamblu va continua să evolueze în jurul conceptului *Software Oriented Architecture* (SOA) oferind organizațiilor serviciile de *Predictive-Analytics-as-a-Service* (PAaaS). Comunitatea de cercetare trebuie să se concentreze mai mult pe serviciile SOA decât pe metodele de modelare și perfecționarea algoritmilor, deoarece a fost atins un platou în aceste dimensiuni. Prin urmare, eforturile noastre se vor concentra pe creșterea gradului de disponibilitate și accesibilitate a acestor tehnologii pentru organizații, folosind AutoML pentru operaționalizarea modelelor predictive. Ne propunem de asemenea proiectarea și implementarea unui instrument integrat pentru a furniza predicții analitice în mod asistat (ITAPA). Acesta va funcționa în domeniul financiar, capabilitatea de modelare predictivă asistată fiind atinsă prin ghidarea utilizatorilor de afaceri în cadrul unui workflow de analiză predictivă.

Teza de abilitare se încheie cu secțiunea 3. Aceasta conține perspectivele de dezvoltare a carierei academice, științifice și profesionale ale candidatului.