



Universitatea Politehnica București
Facultatea de Automatică și Calculatoare

Eugen Ștefan Arghir

**Algoritmi de predicție și asistarea deciziei pentru
sisteme de alertare
Prediction and decision support algorithms for
alert systems**

- rezumat -

Profesor Coordonator: Radu Dobrescu

Octombrie 2011

Algoritmi de predicție și asistarea deciziei pentru sisteme de alertare Prediction and decision support algorithms for alert systems

Abstract

Sistemele de alertare reprezintă un important mijloc pentru asigurarea securității omului.

Eliminarea riscului, sub multitudinea sa de aspecte, trebuie înțeleasă într-un context extins. Practic orice domeniu al vieții individuale și colective are nevoie de siguranță iar problemele de securitate sunt la fel de vechi ca istoria interacțiunii umane. Noțiunea de securitate a fost și este intens studiată de către teoreticieni în cadrul anumitor curente de gândire.

Eliminarea totală a tuturor riscurilor ce afectează siguranța individului reprezintă doar un ideal. În realitate, se poate vorbi doar despre un management al riscului. Acesta presupune cunoașterea tipurilor de hazard aplicabile pentru o situație anume, a manifestării acestora, a gradului de incidență și a efectelor posibile. În final, ceea ce se poate obține în favoarea beneficiarilor sistemelor de alertare reprezintă o expunere conștientă și controlată la riscuri.

Lucrarea își propune să fie un studiu științific asupra sistemelor de alertare și să contribuie la dezvoltarea lor prin avans tehnologic. Pentru a garanta fezabilitatea acestui demers, direcțiile de studiu vor ține seama și de alți factori de influență, precum: economie, politică, sociologie și altele.

Totuși, tematica sistemelor de alertare este una foarte vastă, fără o restricție precisă de domeniu. De aceea, se impune o restrângere a ariei de cercetare pentru a conferi o linie directoare clară demersului științific. Alegerea s-a îndreptat către algoritmii folosiți pentru acționare în cadrul sistemelor de alertare. Aceștia presupun,

în termeni foarte generali, preprocesarea datelor primite, crearea și actualizarea unui model al lumii, detecția iminenței sau a incidenței unei situații anormale, luarea de măsuri pentru eliminarea efectelor.

Conținut

Pagina de titlu	i
Abstract	ii
Conținut	iv
Mulțumiri	v
1 Introducere	1
2 Evoluție și tendințe	3
2.1 Introducere și definiții preliminare	3
2.2 Starea actuală	5
2.2.1 Sistemul național SUA de alertare	5
2.2.2 Sisteme naționale de alertare în Europa	6
2.2.3 Sisteme de alarmare în Europa	7
2.3 Sisteme tehnologice diverse pentru alertare	8
3 Algoritmi de lucru în sisteme de alertare	11
3.1 Ecuații booleene cu întârzieri pentru modelarea seismică	11
3.2 Proiectarea unui sistem inteligent de management pentru evenimente extreme	13
3.3 Alertare industrială	13
3.3.1 Algoritm pe baza comportamentului normal	13
3.3.2 Algoritm bazat pe clase de defect	14
3.4 Modelarea neliniarităților folosind rețele recurente neuro-fuzzy	14
4 Platforma pilot	16
5 Concluzii	18
5.1 Contribuții	19
5.2 Direcții viitoare de cercetare	22
6 Diseminare	23
Bibliografie	25

Mulțumiri

Doresc să mulțumesc în primul rând domnului Prof.Dr. Radu Dobrescu care a dat claritate acestei idei și a susținut tema de cercetare a sistemelor de alertare. În calitate de coordonator, m-a susținut tot timpul atât științific cât și în toate procedurile legate de parcursul meu doctoral.

De asemenea, sincere mulțumiri merg către domnul Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Florin Ionescu, cel care mi-a oferit o nouă perspectivă precum și ajutorul necondiționat al domniei sale pentru dezvoltarea acestei lucrări și a mea personală.

Cercetarea a fost finanțată prin Programul Operațional Sectorial de Dezvoltare a Resurselor Umane 2007-2013 al Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale, prin acordul financiar POSDRU/6/1.5/S/19. În particular, este vorba despre proiectul POSDRU 7713 Pregătirea competitivă a doctoranzilor în domenii prioritare ale societății bazate pe cunoaștere.

Capitolul 1

Introducere

Cercetarea abordează tematica sistemelor de alertare distribuite.

Lucrarea este rezultatul unei perioade de 36 de luni de studii doctorale, între septembrie 2008 și octombrie 2011, desfășurate în următorul fel:

- 26 de luni la Universitatea Politehnica București, Facultatea de Automatică și Calculatoare, în cadrul catedrei de Automatică și Informatică Industrială;
- 10 luni la Universitatea de Științe Aplicate HTWG Konstanz, Germania, în cadrul departamentului de Mecatronică, sub conducerea domnului Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Florin Ionescu.

În perioada de stagiu, prioritatea a fost aprofundarea conceptelor din spatele platformei HYPAS, idee și realizare a domnului Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Florin Ionescu. În plus, am lucrat într-un colectiv internațional la studierea unei întregi serii de neliniarități pentru a fi inclusă în următoarea versiune a produsului software.

Redactarea efectivă a lucrării a fost făcută folosind \LaTeX și clasa huthesis (Alex Barnet, 2000, preluată și modificată de la Adam Lupu-Sax, 2000).

Eforturile de cercetare în domeniul sistemelor de alertare și alarmare în acest sens sunt în general împărțite în trei arii destul de bine definite:

- nodurile de senzori;
- infrastructura de comunicație;

- algoritmi de tratare.

Teză face parte dintr-un efort mai larg de cercetare. Sub conducerea domnului Profesor Doctor Radu Dobrescu s-au aflat simultan trei teze de doctorat, abordând fiecare unul dintre domeniile de cercetare mai sus amintite. Direcția lucrării de față este aceea a algoritmilor de tratare. În continuare este prezentată, pe scurt, structura lucrării.

Cuprinsul tezei este format din cinci părți:

1. Introducere și sumar
2. Evoluție și tendințe
 - (a) Introducere
 - (b) Starea actuală
3. Algoritmi de lucru în sisteme de alertare
 - (a) Ecuații booleene cu întârzieri pentru modelarea seismică
 - (b) Proiectarea unui sistem inteligent de management pentru evenimente extreme
 - (c) Alertare industrială
 - (d) Modelarea neliniarităților
4. Platforma pilot
5. Concluzii
6. Anexe

Capitolul 2

Evoluție și tendințe

2.1 Introducere și definiții preliminare

Pentru început, este conturat cadrul în care se situează tema lucrării de față. Este explicată necesitatea sistemelor de alertare în cadrul societății moderne. Lucrarea își propune, prin cercetarea tehnico-științifică întreprinsă în această direcție, să ajute la sporirea siguranței și securității omului, printr-un management automatizat și eficient al riscului. Categoriile vizate de riscuri sunt atât cele naturale cât și cele antropice.

Viața în societatea modernă pare să fie una mult mai sigură. Multe probleme de siguranță și securitate au fost rezolvate iar condițiile de viață cresc permanent, prin includerea a tot mai multor facilități și beneficii care devin repede indispensabile. Pentru a ne opri doar la două exemple, ar trebui menționate telefonul mobil și internetul. Cui i se păreau necesare la început? Și, totuși, și acum sunt de neprețuit.

Totuși, viața în societatea modernă a și creat multe vulnerabilități. Încă de la început, în istoria veche, atunci când oamenii au început să formeze orașe pentru a trăi mai ușor, au apărut și noi probleme: epidemiile, incendiile și altele. Iar exemple de astfel de vulnerabilități sunt nenumărate.

Oamenii sunt mult mai mobili decât în trecut, viața evoluează într-un ritm mai alert și situațiile de urgență devin mai complexe. Spre exemplu, în ziua de astăzi, ne bazăm atât de mult pe tehnologia informației încât nu mai concepem viața fără puterea de procesare a calculatoarelor și comunicațiile electronice. Volumul de informații

prelucrate și transmise este gigantic. Un virus informatic suficient de bine scris și utilizat ar putea fi cu mult mai periculos decât cele mai înspăimântătoare virusuri biologice: Ar putea să “omoare” pe loc o persoană, făcându-o să dispară din înregistrările autorităților ce se ocupă cu evidența populației. În plus, având în vedere nivelul tot mai crescut de interconectare și centralizare, un astfel de virus s-ar răspândi aproape instantaneu în toată lumea. Niciunul dintre virusurile biologice cunoscute până în prezent nu are o rată de mortalitate și de răspândire așa de ridicate.

De asemenea, societățile umane nu mai sunt precis determinate, indivizii sunt din ce în ce mai diferiți, vorbesc mai multe limbi, au mai multă libertate de mișcare, călătoresc și comunică mai mult. Iar administrarea riscului trebuie să aibă toate categoriile în vedere: turiști care nu știu limba sau procedurile de urgență, persoane cu diverse invalidități etc.

Totuși, oamenii au preferat această linie a dezvoltării, acceptând, ca un compromis, riscuri noi dar care, teoretic, pot fi administrate. Astfel au apărut diferite strategii, organisme și sisteme cu scopul clar de a administra vulnerabilitățile, a preîntâmpina dezastrul sau a limita și înlătura efectele acestora imediat ce au loc.

Tangențial, se face referire la aspecte conexe ce nu constituie direct subiectul de studiu, dar influențează într-un fel sau altul cercetarea, dezvoltarea și implementarea sistemelor de alertare: politice, legale, economice, geografice, socio-demografice și altele.

Sunt prezentate, inițial, sisteme cu o acoperire geografică mare, implementate la nivel național și, implicit, de mari dimensiuni. Apoi, se trec în revistă o serie de sisteme locale, pentru arii geografice restrânse, cu un scop specific sau cu un public țintă particular. Deși au o amploare mai redusă, acestea sunt mai spectaculoase din punct de vedere tehnologic. Unele dintre ele sunt în faza de pilot, așteptând recunoaștere completă și implementare pe scară mai mare. Prin faptul că reprezintă precursorii tehnologiei de mâine, astfel de sisteme prezintă un real interes.

2.2 Starea actuală

Sistemele de alertare au progresat foarte mult de la simple alerte cu semnale luminoase sau acustice la sisteme așa numite “inteligente”. Evoluția sistemelor de alertare a fost una spectaculoasă din punctul de vedere al domeniilor în care s-au extins: medical, industrial, hazarde naturale, monitorizarea traficului auto sau aerian și altele. La nivel internațional, exemplele de sisteme de alertare abundă în toate domeniile. Resurse importante sunt alocate pentru îmbunătățirea celor existente și implementarea de noi soluții mai performante. În continuare, sunt prezentate câteva exemple de sisteme de alertare de ultimă generație la nivel mondial, din domenii diferite. Sunt prezentate la început soluțiile naționale implementate în Statele Unite și Europa. Apoi sunt menționate soluții punctuale, locale sau țintite către anumite domenii.

2.2.1 Sistemul național SUA de alertare

Cele două sisteme naționale din SUA pentru emiterea de avertismente sunt: Sistemul de alerte de urgență (EAS), bazat pe transmisia media și rețeaua de avertizare împotriva hazardelor meteo prin radio, NOAA. Serviciul meteorologic național (NMS) din cadrul Administrației Océanelor și Atmosferei (NOAA) trimite alarme prin Radioul Meteorologic NOAA (NWR). Acesta a fost extins pentru a include avertismente pentru toate hazardele. Unele inițiative funcționează la nivel federal pentru a îmbunătăți, extinde și integra sistemele de avertizare existente. Cel mai important dintre ele, din punctul de vedere al utilizării, testării și dezvoltării tehnologice, este sistemul de Integrare a Alertelor Publice și Avertizărilor (IPAWS), un parteneriat public-privat în care Departamentul de Siguranță Națională (DHS) are rolul principal. În același timp, multe comunități instalează alarme locale care transmit mesaje vocale, text sau email-uri.

2.2.2 Sisteme naționale de alertare în Europa

Un sistem de alertare trebuie să reprezinte primul pas în asigurarea asistenței către populație. Cel mai general sistem de alertare și cel mai ușor de implementat este unul telefonic. Principalul rol al centrelor de alertare este de a primi apeluri în legătură cu urgențe de diferite naturi care necesită intervenție de urgență și să distribuie aceste informații către unitățile capabile să le rezolve. Pentru a adopta un sistem unic de alertare, Uniunea Europeană a adoptat o directivă care se aplică tuturor statelor membre. În directiva 2002/22/EC a Parlamentului și Consiliului European privind serviciile universale și drepturile consumatorilor în legătură cu serviciile și comunicațiile în rețele electronice, se specifică obligativitatea înființării numărului unic de urgență.

În toate statele, un apel către 112 va fi redirecționat către autoritatea competentă în funcție de natura urgenței reclamate de către apelant. Totuși, multe dintre țările UE au în funcțiune și alte numere de urgență în afară de numărul 112. Printre puținele state care au un singur număr de urgență se află: Danemarca, Finlanda, Olanda, Portugalia, România și Suedia.

Totuși, detaliile legate de implementarea exactă a acestei directive diferă de la caz la caz. În practică, s-a dovedit că una dintre cele mai dificil de implementat cerințe a fost aceea a localizării apelului pentru cazul telefoniei mobile.

În afara acestei directive, Parlamentul și Consiliul European au emis ulterior și directiva 2006/24/EC pentru păstrarea datelor. Aceasta presupune, printre altele, obligativitatea furnizorilor de servicii de comunicație de a păstra date despre apelurile telefonice, inclusiv date de localizare. Aceasta a constituit un motiv în plus pentru rezolvarea problemei localizării.

Spre exemplu, Danemarca este una dintre primele state europene care au implementat apelul unic de urgență. Sistemul 112 funcționează încă din 1992 dar capacitatea de localizare nu a fost disponibilă decât începând cu anul 2006 în urma succesului înregistrat de un program pilot.

Există și cazuri de colaborare transfrontalieră, de obicei în zonele de graniță. Suedia și Finlanda cooperează de mult timp pentru cazuri de urgență în zonele Rovaniemi

și Lulea, la nivelul serviciilor publice de pompieri, ambulanță și avertizare de accidente nucleare. În cazul Estoniei și Letoniei, acțiunile pompierilor din orașul Valka/Valga sunt coordonate, precum și centrele locale de răspuns 112.

2.2.3 Sisteme de alarmare în Europa

Atunci când este necesară alarmarea populației, administratorii sistemelor de alarmare trebuie să transmită avertismente în timp util către toți cei afectați. Mesajele de avertizare trebuie să fie transmise prin toate mediile potrivite de informare, atât pentru grupuri cât și pentru indivizi. Aceste mesaje trebuie să fie convertite automat într-un format adecvat metodei de transmisie: voce pentru radio și telefonie, sunete stridente pentru sirene de exterior, mesaje text pentru panouri de informare, multimedia pentru Internet și televizor. Scopul acestor alarme este de a stimula persoanele avertizate să reacționeze pentru a limita pagubele materiale și pierderile de vieți omenești.

Folosirea tuturor mijloacelor de comunicare este necesară pentru a asigura eficiența alertării tuturor persoanelor vizate. Evitarea panicii și a stării de confuzie poate fi realizată prin utilizarea sistemelor de alarmare nu numai în situația unor evenimente rare (cutremure, tsunami, explozii nucleare etc.) dar și în situații mai frecvente (furtuni, incendii, inundații etc).

În anumite state, sistemele de comunicare publică sunt dotate cu tehnologii speciale de alertare pentru calamități sau alte amenințări ale siguranței populației. Din punctul de vedere al investiției financiare în sisteme de alarmare, nu se justifică implementarea unui sistem separat pentru toate tipurile de hazard. Metoda cea mai practică este de a implementa un singur mijloc de semnalare a unui pericol, însoțit de mijloace complementare, mai ieftine și mai facile, pentru oferirea de informații suplimentare, de obicei prin presă (radio, televiziune).

Sistemul și metodele de alertare diferă de la țară la țară iar tipurile de alerte nu sunt standardizate sau armonizate. Ca punct comun se remarcă folosirea de sirene de exterior deși există diferențe între acoperirile furnizate de către aceste sisteme pe teritoriul diferitelor state. În anumite țări precum Danemarca și Finlanda, mai mult

de 80% din populație se află în suprafața de acoperire, în timp ce în alte state precum Germania sau Estonia, sistemul poate acoperi doar câteva orașe. Planurile de folosire a acestui tip de alarmare diferă, unele țări, precum Estonia, au în plan construirea unui sistem nou, pe când Norvegia nu îl mai folosește. De asemenea, un alt element comun este acela că aproape în toate cazurile alertele publice de exterior au o singură semnificație: indicația de a urmări instrucțiunile ulterioare la radio sau televizor. O excepție notabilă este cazul Poloniei acolo unde există mai multe semnale diferite pentru diverse urgențe. Chiar și în cazul Poloniei, totuși, se dorește simplificarea cu un singur tip de semnal la fel ca în cazul celorlalte țări.

Majoritatea țărilor din Uniunea Europeană folosesc radioul (în principal RDS dar și VHF) și televizorul pentru difuzarea de avertismente și informații de interes public. Utilizarea tehnologiilor moderne precum SMS sau Internet este avută în vedere și în câteva cazuri chiar a început procesul de implementare.

Danemarca se poate lăuda cu cea mai mare acoperire prin alarmare de exterior: 80% din populație este în raza de acoperire a aproximativ 1100 de sirene. Iar restul populației se bazează pe avertismente media.

2.3 Sisteme tehnologice diverse pentru alertare

În continuarea Capitolului 2 al lucrării, sunt prezentate o serie de sisteme de alertare cu o aplicabilitate mai restrânsă, dar interesante din punct de vedere tehnologic. Printre acestea se numără:

- ElarmS - sistem software de avertizare timpurie împotriva cutremurelor;
- DART - sistem de de balize pentru avertizare timpurie împotriva tsunamiurilor;
- FloodNet - Algoritm pentru alertare împotriva inundațiilor;
- Sistem de alertă meteorologică bazat pe paradigma BDI;
- AirWarn - sistem de alertare împotriva poluării atmosferice;
- Sistem de alertare timpurie împotriva cutremurelor în zona Golfului Mexic;

- ALERT - Sistem de alertare împotriva inundațiilor;
- RWIS - Sistem de alertare meteo pentru drumuri publice;
- Sisteme medicale de alertare în domeniul medical

Spre finalul capitolului accentul se mută pe sisteme de alertare pentru mediul industrial. Având în vedere industrializarea continuă și producția cu impuneri calitative din ce în ce mai ridicate, este normal să se dorească și o sporire a siguranței în exploatare. Sistemele de producție mai sigure participă la securitatea personalului operant, al instalației de proces, al mediului înconjurător și a populației din zonă. Însă, pot avea și efecte mai accentuate dacă vorbim despre reactoare nucleare, combinate chimice sau alte resurse de importanță strategică națională sau chiar zonală.

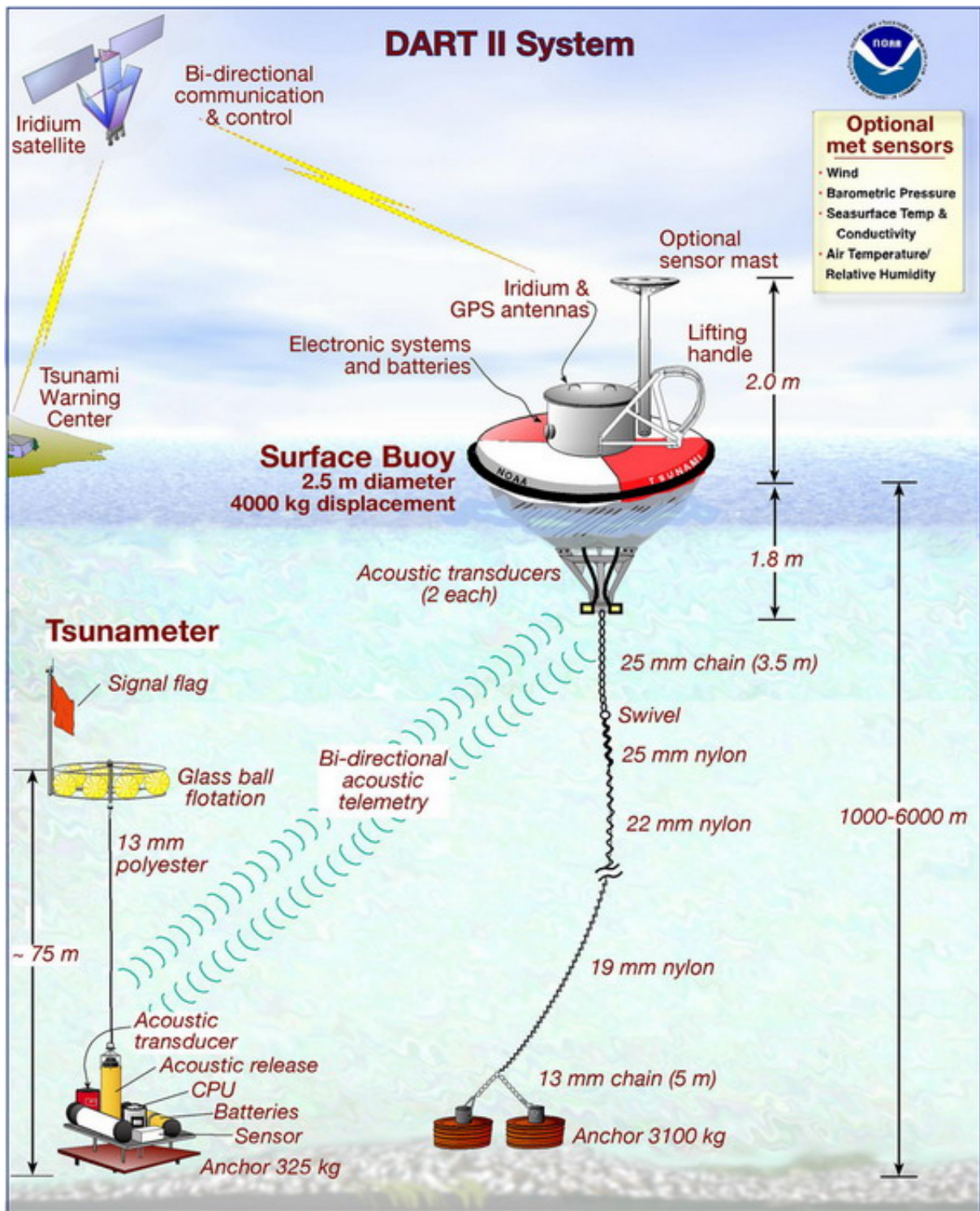


Figura 2.1: Baliza DART II

Capitolul 3

Algoritmi de lucru în sisteme de alertare

Algoritmii de lucru în sisteme de alertare sunt responsabili de procesarea datelor primite de la senzori, detectarea și identificarea situațiilor anormale și acționare prin diverse mijloace: avertizarea persoanelor cu putere de decizie, sugerarea celor mai potrivite acțiuni pentru situația dată, predicția evoluției situației sau chiar efectuarea automată a anumitor operații în scopul limitării sau eliminării efectelor situației de urgență.

Acest capitol reprezintă partea centrală a lucrării. Începe prin conturarea unui cadru pentru managementul riscului. Prezintă apoi o serie de algoritmi aplicabili pentru hazarde naturale. În ultima parte, regăsim tratat subiectul riscului industrial, împreună cu două rezolvări diferite.

3.1 Ecuații booleene cu întârzieri pentru modelarea seismică

Ecuațiile booleene cu întârziere (Boolean Delay Equations - BDE) reprezintă un cadru de modelare special imaginat pentru formularea matematică a fenomenelor care manifestă proprietăți de prag, bucle multiple și diferite întârzieri [55, 71]. BDE sunt

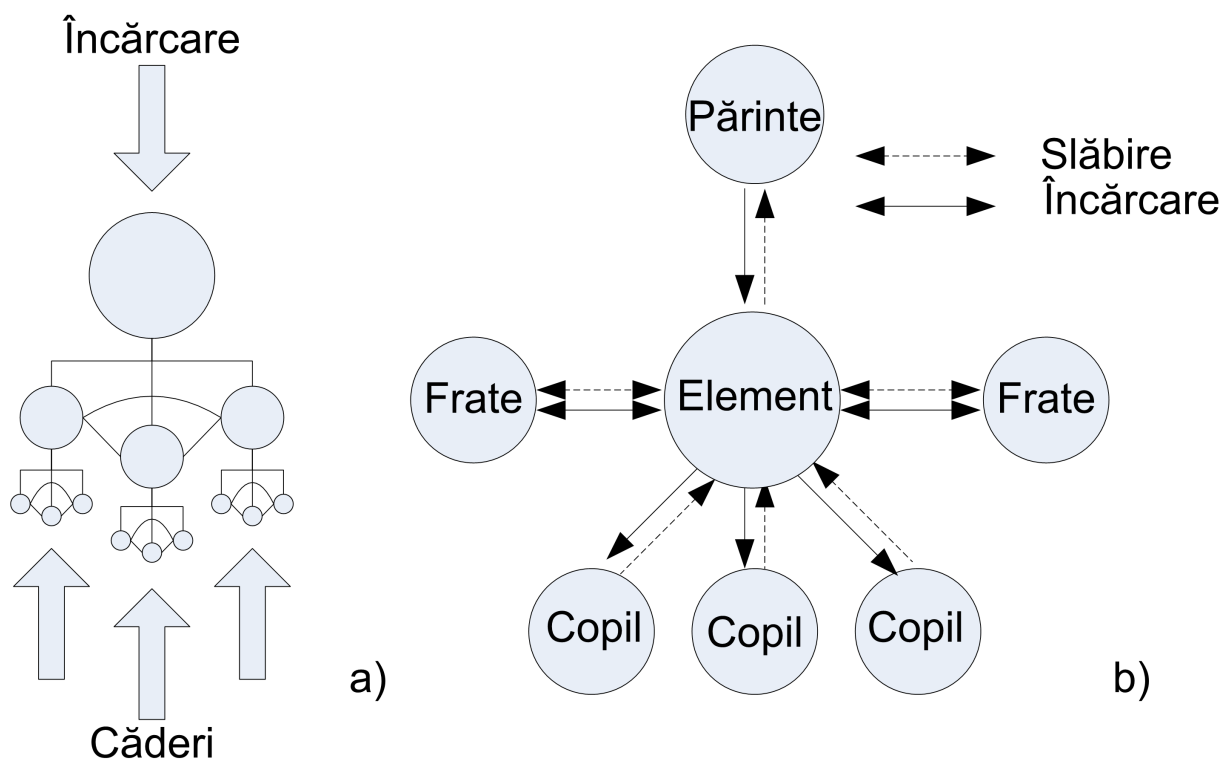


Figura 3.1: Rețeaua BDE pentru modelarea seismicității

văzute ca un prim pas în înțelegerea problemelor ce se dovedesc a fi prea complexe pentru a modela utilizând ecuații diferențiale parțiale. Evident, ulterior se speră să se poată determina și rezolva ecuațiile exacte care descriu aceste fenomene complicate.

Modele sub formă de latice pentru sisteme de elemente ce interacționează sunt aplicate pe scară largă în seismicitate, începând cu munca de pionierat al [4]. Nivelul actual este bine surprins în [27], care se referă și la modelul coliziunilor în cascadă (colliding cascade model), care este capabil să reproducă mare parte dintre caracteristicile observabile ale unui cutremur.

3.2 Proiectarea unui sistem inteligent de management pentru evenimente extreme

Managementul dezastrelor este un termen complex care cuprinde toate aspectele pregătirii și acțiunii împotriva dezastrelor, incluzând prevenirea, înlăturarea, disponibilitatea, răspunsul și refacerea [18]. Există diferite Sisteme Suport de Decizie (Decision Support Systems - DSS) pentru diferite categorii de dezastre și sunt bazate pe diferite modele. Datorită diferitelor nevoi de decizie care apar în domeniul managementului dezastrelor, un singur model nu este suficient pentru a face față tuturor situațiilor. Primul obiectiv al acestei lucrări este de a prezenta un cadru pentru un DSS hibrid, care integrează diferite alte modele DSS și propune adaptarea acestora la un anumit scenariu. Având la bază acest model, tehnici inteligente vor fi utilizate pentru a îmbunătății procesele de management al dezastrelor precum monitorizare, control și decizie. De aceea, al doilea obiectiv este de a propune o arhitectură pentru un sistem inteligent de management al dezastrelor (Intelligent System for Disasters Management - ISDM) capabil să ofere suport pentru diferite decizii.

3.3 Alertare industrială

3.3.1 Algoritm pe baza comportamentului normal

În realizarea unui sistem de alertare pentru situații de urgență într-o unitate de producție se pot aborda mai multe strategii. Una dintre acestea ar presupune încercarea de a culege cât mai multe date despre structura cauzală a elementelor unității și de a combina aceste date cu un model de învățare bazat pe date. Din păcate însă nivelul actual la care se situează algoritmii de învățare structurală nu poate rezolva domenii cu un set masiv de variabile ascunse. În plus, în lipsa datelor despre defecțiunile posibile, nu este clar cum un astfel de model poate fi folosit mai departe pentru clasificarea comportamentului anormal.

O strategie alternativă pentru detecția online a comportamentului anormal în sisteme de producție, ce nu necesită informații despre defectele posibile sau un model al

comportamentului anormal, specifică învățarea unui model pentru operațiile normale reprezentat grafic printr-o rețea bayesiană [50]. La fiecare unitate temporală modelul este apoi folosit pentru a calcula probabilitatea setului de indicații ale senzorilor pentru acel pas. Apoi prin confruntarea cu datele citite se poate evalua dacă senzorii se află în mod unitar în plaja de valori specifice operării normale. Această metodologie presupune în principiu două etape: învățarea unui model al senzorilor pentru operarea normală; utilizarea modelului învățat pentru a monitoriza sistemul, a iniția alerte și a realiza diagnoza online. Bazat pe un model pre-specificat al normalității (în logică de ordinul I), fiecărei componente din sistem i se asociază o stare (normal sau anormal) care este în concordanță atât cu modelul cât și cu observațiile făcute asupra sistemului.

3.3.2 Algoritm bazat pe clase de defect

Prezentul subcapitol se concentrează pe algoritmi folosiți, componenta de cunoștințe, descoperire de defecte și managementul riscului. În mod ideal, baza de cunoștințe conține cunoștințe generale preluate de la diferite procese și agregate. Pentru că procesele industriale monitorizează mii de puncte de măsură, un mecanism de selectare a caracteristicilor (feature selection) este necesar. Alegerea intrărilor ce trebuie folosite într-un algoritm de învățare este importantă, dar, de obicei, mai puțin folosită [46]. În mod normal, pentru un set mic, o persoană ar putea să aleagă manual cei mai relevanți parametri care influențează ieșirea. Dar pentru o aplicație industrială, setul disponibil de parametri poate fi foarte mare, tipic între 1000 și 10000 de puncte. Algoritmul de selecție a caracteristicilor determină automat cei mai importanți parametri.

3.4 Modelarea neliniarităților folosind rețele recurente neuro-fuzzy

Soluția propusă este de a folosi o rețea neuro-fuzzy recurentă (Recurrent Fuzzy-Neural Network - RFNN) cu un algoritm de învățare adecvat structurii dinamice

[28, 29, 31, 9, 8]. Procesul dinamic care corelează nu numai intrările cu ieșirile ci implică și intrările anterioare necesită o versiune modificată a algoritmului bazat pe tehnici de gradient folosit tipic în ANFIS [22, 63].

Se propune o versiune îmbunătățită a RFNN și se investighează fezabilitatea a trei algoritmi de învățare: bazat pe gradient [11], hibrid nederivativ folosind căutare locală și bazat pe un algoritm genetic diferențial [60, 17].

În ultimul dintre cazuri au fost obținut rezultate încurajatoare pe un caz practic și vor fi prezentate spre finalul acestei secțiuni. S-au făcut experimente pe modelul unui actuator al unui amplificator liniar de forță dintr-un sistem mecatronic. Rezultatele obținute sunt foarte bune și aproximarea procesului neliniar folosind RFNN este foarte bună.

Capitolul 4

Platforma pilot

În căutarea unei platforme pentru aplicarea algoritmilor de predicție și asistarea deciziei, capitolul acesta prezintă o abordare mai inedită. Ideea de bază este aceea de a folosi HYPAS, un software tipic de modelare și simulare a instalațiilor tehnologice, ca punct de plecare în dezvoltarea unui produs software îmbunătățit. Acesta se dorește a fi o aplicație CAE completă, care să însoțească o instalație încă din etapa de proiectare și până la exploatarea acesteia în siguranță, incluzând mentenanța.

HYPAS este conceput ca o platformă scalabilă, cu arhitectură deschisă. Conceptul a evoluat pornind de la o abordare teoretică propusă de Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Florin Ionescu, la începutul anilor 70 la Universitatea Politehnica din București, România. A fost continuată de domnia sa ca asistent de cercetare la institutele IHP RWTH-Aachen și IHMA TU-Darmstadt, apoi ca profesor și director al Departamentului de Cercetare Mecatronică din cadrul Universității de Științe Aplicate HTWG-Konstanz, actualmente Director al Centrului de Transfer Tehnologic "Sisteme Dinamice" și profesor la Universitatea Steinbeis din Berlin. Dezvoltarea acestui concept s-a făcut în diferite etape prin sponsorizări ale AvH-Bonn, DFG-Bonn, DLR- și BMBFT-Bonn, BWMFK-Stuttgart, KDAW-Mainz, DAAD-Bonn, STW-Stuttgart, Banca Mondială.

În cadrul capitolului sunt descrise funcțiile prezente ale HYPAS și avantajul conceptual al acestuia. Apoi sunt prezentate linii ulterioare de dezvoltare coerentă și sustenabilă din punct de vedere tehnico-economic.

Pe lângă propunerile de îmbunătățire sugerate, rezultatele în această direcție sunt

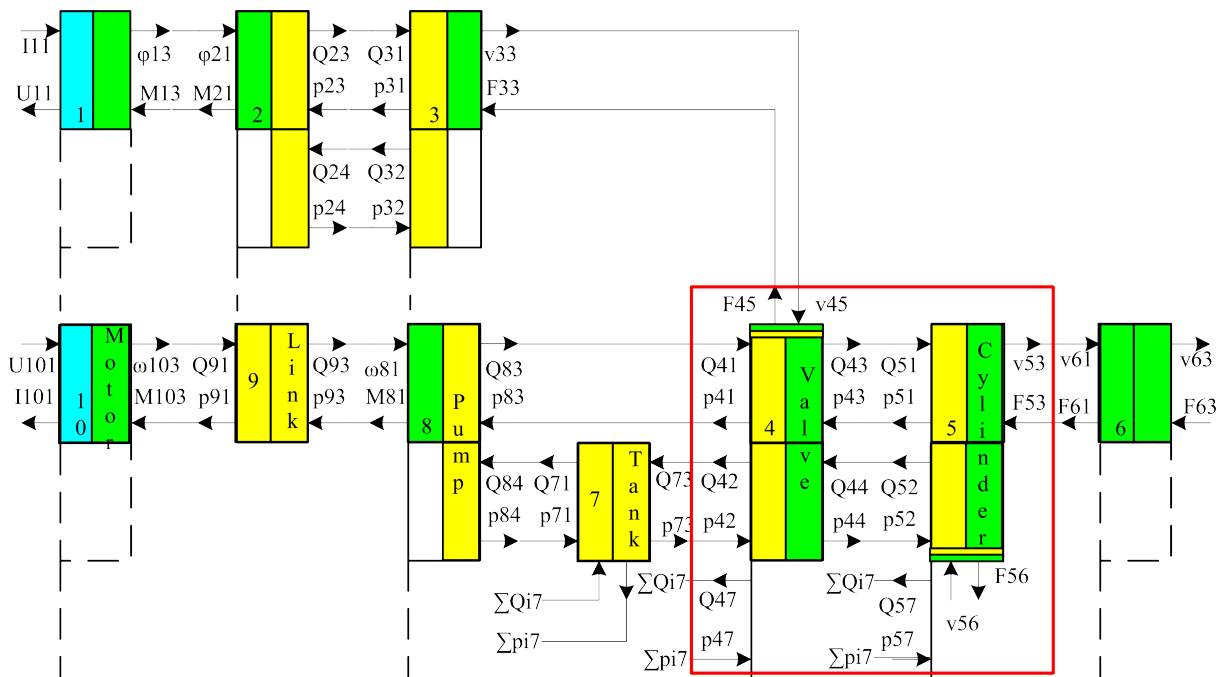


Figura 4.1: Diagrama de cuadripoli

reprezentate de modelări ale diverselor tipuri de neliniarități frecvent întâlnite în principalele domenii ingineresti. Acestea au același scop, dezvoltarea ulterioară a HYPAS.

Capitolul 5

Concluzii

Lucrarea a avut ca scop general studiul sistemelor de alertare de mari dimensiuni implementate cu rețele de senzori. Și în particular a tratat algoritmi de predicție și asistarea deciziei în cadrul acestor sisteme. Face parte dintr-o serie de 3 lucrări de doctorat simultane cu aceeași temă generală a sistemelor de alertare, conduse de Prof.Dr. Radu Dobrescu. Împărțirea tematică ar permite la final coroborarea rezultatelor pentru a genera rezultate coerente.

Pe lângă propunerile de îmbunătățire sugerate, rezultatele în această direcție sunt reprezentate de modelări ale diverselor tipuri de neliniarități frecvent întâlnite în principalele domenii ingineresti. Acestea au același scop, dezvoltarea ulterioară a HYPAS.

Diseminarea rezultatelor s-a făcut printr-o serie de publicații ce sunt redată pe larg în Anexa 1 - Lucrări publicate. Sintetic, este vorba despre:

- Proceedings ale unor conferințe non-ISI: 2 lucrări la CSCS18
- Proceedings ale unor conferințe ISI sau indexate în baze de date internaționale:
3
- Jurnale și reviste indexate ISI: 3 (2 Lecture Notes on Artificial Intelligence + 1 Journal of Control Engineering and Applied Informatics)
- Un articol în curs de apariție la Buletinul Științific UPB

5.1 Contribuții

În continuare sunt prezentate contribuțiile personale la dezvoltarea domeniului, cuprinzând rezultate obținute pe parcursul cercetărilor în câteva direcții distincte. În fiecare caz, se precizează și modalitatea de diseminare a acestor rezultate.

Am prezentat o abordare de modelare a sistemelor folosind ecuații booleene cu întârziere. Pe lângă descrierea formalismului matematic am prezentat metoda de utilizare a acestora pentru modelarea seismicității. Rezultatele au fost publicate în lucrarea “Using boolean delay equations for predicting fractal processes”, S. Arghir, R. Dobrescu și F. Ionescu.

Am propus o arhitectură pentru Sisteme Inteligente de Management al Dezastrelor. Este proiectat ca un Sistem Multi-Agent. Prin includerea unei componente de Integrare de Model pentru a forma un sistem hibrid, urmărește să ofere suport pentru o cât mai largă gamă de decizii. Se poate concluziona că datorită complexității sarcinilor de management al informației, sistemul propus se bazează pe integrarea diferitelor tipuri de agenți inteligenți, i.e. o arhitectura hibridă sub constrângeri de timp real. Tot aici este propusă o abordare de raționare orientată pe caz a sistemelor mult-agent. Este proiectat un ISDM flexibil organizat ca un model ierarhic pentru sisteme de management al urgențelor. Toate acestea sunt prezentate în articolul “Design of an Intelligent System for Extreme Events Disaster Management”, Ș. Arghir și R. AlBtoush.

Pentru sistemele de alertare industrială am prezentat doi algoritmi: pentru cazul bazat pe modelul de funcționare normală cât și pentru modelele de defect. Al doilea algoritm a fost testat în condiții de laborator și a obținut rezultate satisfăcătoare. Soluția a fost testată offline pe un set de date de la o instalație industrială, separat de procesul real. Sub condiții de test, algoritmul s-a comportat bine atât pentru antrenare cât și pentru clasificare. Toate testele au fost făcute folosind o validare încrucișată și componenta standard de pruning a C4.5. Pentru a evidenția importanța componentei de selectare a caracteristicilor, s-a testat precizia clasificatorului atât cu, cât și fără aceasta. S-a observat că plusul de precizie câștigat prin selectarea caracteristicilor s-a ridicat la numai 5%. Asta se datorează în principal faptului că

tipul de clasificator folosit utilizează deja o selecție de atribute ca parte a procesului inductiv. Totuși, pe baza cerințelor specifice aplicației, orice creștere, oricât de mică, în domeniul preciziei modelului, poate fi folositoare.

Abordând partea de modelare a neliniarităților, am studiat problematica modelării mai multor tipuri de neliniarități întâlnite în practică. Elementul de noutate a fost folosirea rețelelor neuro-fuzzy cu rol de aproximator universal. Rezultate deosebite au fost obținute folosind un algoritm evolutiv diferențial pentru optimizarea rețelei neuro-fuzzy recurente într-o diagramă Simulink. Optimizările sunt făcute folosind o corespondență între semnalele de intrare și cele de ieșire ale procesului real.

S-au făcut experimente pe modelul unui actuator al unui amplificator liniar de forță dintr-un sistem mecatronic. Rezultatele obținute sunt foarte bune și aproximarea procesului neliniar folosind RFNN este foarte bună.

Rezultatele abordării propuse, folosind algoritmul evolutiv diferențial, sunt foarte bune și sugerează că aceasta este o direcție de dezvoltare viabilă pentru cercetări viitoare în direcția arhitecturilor recurente mai complexe.

Pentru realizarea unei platforme pilot, am lucrat pe aplicația software HYPAS, concept al domnului Prof.Dr.Dr.h.c.mult. Florin Ionescu. Am prezentat conceptul HYPAS precum și stadiul actual al produsului. Am realizat teste pe instalații industriale relativ complexe, i.e. mașina de frezat, amplificatoare de forță electro-mecano-hidraulice și altele folosind formalismul HYPAS. Testele au demonstrat că este un produs viabil, cu un mare potențial dacă este dezvoltat corect, într-o manieră sustenabilă, în continuare.

În vederea dezvoltării HYPAS, am trasat posibile direcții de dezvoltare ale produsului pentru a îl transforma într-o platformă completă de inginerie pentru asistarea proiectării, modelării, operării și mentenanței unei instalații industriale. Am propus introducerea de noi componente software, precum:

- introducerea intuitivă de date despre instalație;
- analiza și sinteza automată a instalațiilor descrise parțial de utilizator, cu posibilitatea de sugerare automată a unei soluții complete;

- simularea de defecte stocastice de mai multe tipuri în funcție de metodologia specifică HYPAS;
- introducerea unei uzuri stocastice, gradate, pe parcursul funcționării elementelor;
- mentenanța instalațiilor, atât offline prin indexarea, consultarea și actualizarea componentelor, cât și online, în timp real, odată cu evoluția procesului, prin colectarea de date din proces ce ar putea indica necesitatea intervențiilor imediate și prin actualizarea automată a procedurilor de mentenanță planificată.

Tot în acest scop, am realizat un studiu al concurenței în cadrul acestui domeniu, evidențiind aspectele care trebuie ocolite și cele care trebuie replicate în noul produs.

Prevăzând posibilitatea de a lansa noul HYPAS cu o nouă interfață utilizator, am realizat o analiză a mediilor de programare grafice disponibile la momentul scrierii lucrării, umărind un număr de 4 criterii de performanță. Secțiunea se termină cu un tabel sintetic pentru alegerea celei mai bune soluții și cu sugestii de implementare.

Pentru a putea livra un produs competitiv, am făcut propuneri pentru punerea pe piață a viitorului produs, în ceea ce privește metoda de comercializare, licențiere, versionare și livrare către client. Noul HYPAS va fi pus pe piață într-o varietate de distribuții în funcție de platformă, scopuri și performanțe.

Cel mai ușor mod de a distribui HYPAS este ca o bibliotecă Matlab de terță parte. Utilizatorul trebuie să posede o copie valabilă de Matlab care să fie deja instalată și funcțională. Această abordare nu necesită construirea unei interfețe grafice proprii. În schimb, folosește uneltele deja disponibile în Matlab. Iar acest lucru este valabil și pentru interfața grafică. Aceasta poate fi ușor construită folosind editorul de interfețe (GUI) inclus în Matlab.

O altă abordare ar fi distribuirea de sine stătătoare a HYPAS, ca produs independent. Iar de aici apar mai multe posibilități.

Varianta pe care o sugerez ca fiind cea mai de potrivită este distribuirea online. HYPAS ar reprezenta principala componentă a unui site web dedicat. Un centru de procesare aflat în spatele acestui site va servi cererile, corespunzând unei arhitecturi

de tip client-server. Am prezentat cu această cale avantajele care decurg din această abordare.

5.2 Direcții viitoare de cercetare

Ca obiective pentru viitor, se are în vedere dezvoltarea platformei HYPAS ca o platformă inteligentă pentru modelare și simulare, adăugând funcția de modelare a defectelor. Astfel aceasta ar deveni ideală pentru proiectarea soluțiilor de alertare destinate mediului industrial.

Se dorește implementarea algoritmilor prezentați în lucrare pentru validarea acestora și în platforma HYPAS.

În demersul de implementare a algoritmilor pentru sisteme de alertare ce funcționează pe baza claselor de defecte, s-a remarcat o mare varietate de posibilități de dezvoltare. De aceea, se dorește pentru viitor studierea aprofundată a acestora, împreună cu toate mecanismele auxiliare: preprocesare, metode de învățare, pruning și altele.

Rezultatele prezentului studiului pot fi integrate cu cele de pe urma cercetării nodului de senzori și a infrastructurii de comunicație. Un astfel de efort va evidenția punctele slabe, e.g. domeniile unde cele trei studii nu se îmbină și necesită cercetări ulterioare.

Capitolul 6

Diseminare

Rezultatele prezentate în această lucrare au fost diseminate pe parcursul perioadei de cercetare prin intermediul următoarelor publicări:

“A traceability project for digital manufacturing management”, R. Dobrescu, D. Popescu, D. Merezeanu și Ș. Arghir, WSEAS Conference Proceedings of SEPTEMBER 2009, Brasov, Romania, September 24-26, 2009, vol. 1, pp. 207–212, ISSN 1790-2769, ISBN 978-960-474-121-2 .

“Critical Resource Infrastructure Supervision and Intervention System”, Ș. Arghir, R. Dobrescu, D. Popescu și H. Humăilă, The Second IFAC Symp. on Telematics Applications, Timisoara, Romania, October 5-8, 2010, pp. 56–62, ISSN 978-1-61782-556-9 .

“Hybrid Micro-Nano Robot for Cell and Cristal Manipulations”, F. Ionescu, K. Kostadinov, Ș. Arghir și D. Arotaritei, The 10th International Conference on Mechatronics and Precision Engineering COMEFIM10, May 19th - 21st, 2011, Bucharest. Published in the Journal of Control Engineering and Applied Informatics, June 2011, Vol.13, no. 2, pp.56-63, ISSN 1454-8658 .

“Using boolean delay equations for predicting fractal processes”, S. Arghir, R. Dobrescu și F. Ionescu, 18th International conference on control systems and computer science, CSCS18, 24 - 27 Mai, 2011, București, Romania, vol. 2, pp. 913–915, ISSN 2066-4451 .

“Determining the Level of Psycho-Emotional Tension on an Heterogeneous Rules of Fuzzy Output”, N. Korenevskiy, R. Al Kasasbeh, F. Ionescu,

și S. Arghir, 18th International conference on control systems and computer science, CSCS18, 24 - 27 Mai, 2011, București, Romania, vol. 2, pp. 901–904, ISSN 2066-4451 .

“Human Body as a Mechatronic System - Complex Modelling, Simulation and Control”, D. Andreescu, H. Riehle, F. Ionescu, Ș. Arghir, International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications SIMULTECH, July 29-31, 2011, Noordwijkerhout, The Netherlands, pp. 339–342, ISSN 2066-4451 .

“Adaptive Recurrent Neuro-Fuzzy Networks Based on Takagi-Sugeno Inference for Nonlinear Identification in Mechatronic Systems”, F. Ionescu, D. Arotaritei, și Ștefan Arghir, 15th Annual KES Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Kaiserslautern, Germany, 12-14 Septembrie, 2011, LNAI 6881, pp 1–10, ISBN 978-3-642-23850-5 .

“A Library of Nonlinearities for Modeling and Simulation of Hybrid Systems”, F. Ionescu, D. Arotaritei, Ș. Arghir, G. Constantin, D. Ștefanoiu și F. Stratulat, 15th Annual KES Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Kaiserslautern, Germany, 12-14 Septembrie, 2011, LNAI 6881, pp 72–81, ISBN 978-3-642-23850-5 .

“Design of an Intelligent System for Extreme Events Disaster Management”, Ș. Arghir și R. AlBtoush, Buletinul Științific UPB, trimiterea numărul 708, în curs de publicare în numărul 4 din 2011 .

Bibliografie

- [1] Siemens AG. *Alarm Management*. Siemens AG, Germany, 2008.
- [2] J. Ahnlund and T. Bergquist. Alarm cleanup toolbox. Master's thesis, Department of Information Technology, University of Lund, Lund, 2001.
- [3] R. AlBtoush, R. Dobrescu, and F. Ionescu. A hierarchical model for emergency management systems. *UPB Scientific Bulletin*, **2(C)**, 2011.
- [4] C. J. Allegre, J. L. LeMouel, and A. Provost. Scaling rules in rock fracture and possible implications for earthquake prediction. *Nature*, **297**:47–49, 1982.
- [5] ANSI/ISA. *ANSI/ISA-18.2-2009 - Management of Alarm Systems for the Process Industries*. ANSI/ISA, USA, 2009.
- [6] S. Arghir, R. Dobrescu, D. Popescu, and H. Humaila. Critical resource infrastructure supervision and intervention system. In *Proceedings of the IFAC Symposium on Telematics Applications*, pages 56–62, Timisoara-Romania, 2010.
- [7] S. Asghar, D. Alahakoon, and L. Churilov. A comprehensive conceptual model for disaster management. *Humanitarian Assistance*, 2006.
- [8] I. Baruch, E. Gortcheva, F. Thomas, and R. Garrido. A neuro-fuzzy model for nonlinear plants identification. In *Proceedings of the IASTED International Conference Modeling and Simulation MS 99*, pages 326–331, 1999.
- [9] Ieroham S. Baruch, Rafael Beltran Lopez, Jose-Luis Olivares Guzman, and Jose Martin Flores. A fuzzy-neural multi-model for nonlinear systems identification and control. *Fuzzy Sets and Systems*, **159(20)**:2650–2667, 2008.
- [10] T. Bergquist, J. Ahnlund, and J. E. Larsson. Alarm reduction in industrial process control. In *Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference*, volume **2**, pages 58–65, 2003.
- [11] H. Bersini and V. Gorrini. A simplification of the backpropagation-through-time algorithm for optimal neurocontrol. *IEEE Transactions on Neural Networks*, **8(2)**:437–441, 1997.

- [12] Art Botterrel. The air model. <https://www.incident.com/blog/?p=236>, 2010. [Online; accesat 22.09.2011].
- [13] J. J. Buckley. Sugeno type controllers are universal controllers. *Fuzzy Sets and Systems*, **53**:299–303, 1993.
- [14] J. F. Buford, G. Jakobson, and L. Lewis. A framework of cognitive situation modeling and recognition. In *Proceedings of IEEE Military Communications Conference, 2006. MILCOM 2006*, 2006.
- [15] J. F. Buford, G. Jakobson, and L. Lewis. Multi-agent situation management for supporting large-scale disaster relief operations. *International Journal of Intelligent Control And Systems*, 11:284–295, 2006.
- [16] J. L. Castro and M. Delgado. Fuzzy systems with defuzzification are universal approximators. *IEEE Transactions On Systems, Man and Cybernetic*, **26**(1):149–152, 1996.
- [17] U. Chakraborty. *Advances in Differential Evolution (Studies in Computational Intelligence)*. Springer, 2005.
- [18] R. J. Craddock. *Crisis Management Models and Timelines*. Thales Research and Technology, Marea Britanie, 2006.
- [19] Sandy Dance and Malcolm Gorman. Intelligent agents in the australian bureau of meteorology. In *Open Agent Systems Workshop, Autonomous Agents and MultiAgents Systems (AAMAS02)*, Bolonia, Italia, 2002.
- [20] D. Dee and M. Ghil. Boolean difference equations, part i: Formulation and dynamic behaviour. *SIAM Journal of Applied Mathematics*, **44**:111–126, 1984.
- [21] R. Dobrescu and D. Cărciumarescu. Interoperability of integrated services and differentiated services architectures. *UP Scientific Bulletin*, **71**(C):21–32, 2009.
- [22] T. Yahagi E. M. Abdelrahim. A new transformed input-domain anfis for highly nonlinear system modeling and prediction. In *Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, volume 1, pages 655–660, Canada, 2001.
- [23] ElarmS. Earthquake alarm systems. <http://www.elarms.org/>, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [24] The Engineering Equipment and Materials Users Association. *EEMUA 191 - Alarm Systems: A Guide to Design, Management and Procurement*. The Engineering Equipment and Materials Users Association, USA, 2007.

-
- [25] M. Ghil et al. *Dynamics, Statistics and Prediction*. 2010.
- [26] M. Ghil and A.P. Mullhaupt. Boolean delay equations. part ii: Periodic and aperiodic solutions. *Statistical Physics*, **41**:125–173, 1985.
- [27] M. Ghil, I. Zaliapin, and B. Coluzzi. Boolean delay equations: A simple way of looking at complex systems. *Physica*, **237**(D):2967–2986, 2008.
- [28] M. A. Gonzalez-Olvera and Y. Tang. A new recurrent neuro-fuzzy network for identification of dynamic systems. *Fuzzy Sets and Systems*, **158**:1023–1035, 2007.
- [29] M. A. Gonzalez-Olvera and Y. Tang. Nonlinear system identification and control using an input-output recurrent neurofuzzy network. In *Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control*, pages 7480–7485, Seoul, Korea, 2008.
- [30] V. Gorrini and H. Bersini. Recurrent fuzzy systems. In *Proceedings of the IEEE 3rd Conference on Fuzzy Systems*, pages 193–198, 1994.
- [31] D. Graves and W. Pedrycz. Fuzzy prediction architecture using recurrent neural networks. *Neurocomputing*, **72**:1668–1678, 2009.
- [32] S. J. Hong. Use of contextual information for feature ranking and discretization. *IEEE Transactions of Knowledge and Data Engineering*, **9**(5):718–730, 1997.
- [33] Siemens Inc. *Setting a new standard in alarm management*. Siemens Inc, USA, 2010.
- [34] Ingenia. Floodnet. <http://www.ingenia.org.uk/ingenia/articles.aspx?Index=315>, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [35] Florin Ionescu. Nonlinear mathematical behaviour and modelling of hydraulic drive systems. In *Proceedings of the 2nd World Congress of Nonlinear Analysts*, volume 30, pages 1447–1461, 1996.
- [36] Florin Ionescu. Model generation, simulation and control of hydraulic and pneumatic drive systems with hypas. In *6th Scand. Intern. Fluid Power Confer, ISCFP99*, pages 947–961, Tampere, Finlanda, 1999.
- [37] Florin Ionescu, D. Stefanoiu, and C. I. Vlad. Modular structured model design, simulation and control of hydraulic and pneumatic drive systems by using hypas. *ARA Journal*, 2000-2002(25-26):168–17, 2002.
- [38] Florin Ionescu and C. I. Vlad. Tools of hypas for the optimal control of electro-hydraulic drive installations. In *7th IFAC Symp. On Computer Aided Control Systems and Design, CACSD97*, pages 311–316, Gent, Belgium, 1996.

- [39] G. Jakobson, N. Parameswaran, J. Buford, P. Ray, and L. Lewis. Situation-aware multi-agent system for disaster relief operations management. In *Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference*, pages 313–324, 2006.
- [40] Wong Chow Jeng. Airwarn. http://www.researchsea.com/html/article.php/aid/832/cid/2/research/airwarn_____intelligent_air_pollution_warning_system.html, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [41] G. H. John. Robust decision trees: Removing outliers from databases. In *Proceedings of the First International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 174–179, 1995. <http://www.aaai.org/Papers/KDD/1995/KDD95-044.pdf>.
- [42] C. F. Juang. A tsk-type recurrent fuzzy network for dynamic systems processing by neural network and genetic algorithms. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **10**(2):155–170, 2002.
- [43] Johnsen Kho, Alex Rogers, and Nicholas R. Jennings. Decentralised adaptive sampling of wireless sensor networks. In *1st International Workshop on Agent Technology for Sensor Networks*, 2007.
- [44] R. Kohavi. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In C. S. Mellish, editor, *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1137–1143. Morgan Kaufmann, 1995. <http://robotics.stanford.edu/ronnyk>.
- [45] C. H. Lee and C. C. Teng. Identification and control of dynamic systems using recurrent fuzzy neural networks. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **8**(4):349–366, 2000.
- [46] H. Liu, E. R. Dougherty, J. G. Dy, K. Torkkola, E. Tuv, H. Peng, C. Ding, F. Long, M. Berens, L. Parsons, Z. Zhao, L. Yu, and G. Forman. Evolving feature selection. *Intelligent Systems*, **20**(6):64–76, 2005.
- [47] A. M. Meystel and J. M. Albus. *Intelligent systems architecture, design, and control*. John Wiley & Sons, 2002.
- [48] The Weather Network. Road weather information system. http://www.twncs.com/Solutions/Transportation/Roads/road_rwis.html, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [49] Norman H. Nie, Alberto Simpser, Irena Stepanikova, and Lu Zheng. Ten years after the birth of the internet: How do americans use the internet in their daily lives? Technical report, Stanford Institute for the Quantitative Study of Society, 2004.

- [50] Thomas Nielsen and Finn Jensen. Alert systems for production plants: A methodology based on conflict analysis. In Lluís Godo, editor, *Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*, volume 3571 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 473–473. Springer Berlin / Heidelberg, 2005.
- [51] NOAA. Deep-ocean assessment and reporting of tsunamis (dartTM). <http://www.ndbc.noaa.gov/dart/dart.shtml>, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [52] T. Oates and D. Jensen. The effects of training set size on decision tree complexity. In D. Fisher, editor, *Machine Learning: Proceedings of the Fourteenth International Conference*, pages 254–262. Morgan Kaufmann, 1997.
- [53] The Flood Control District of Maricopa County. Flood control. <http://www.fcd.maricopa.gov/home/sitemap.aspx>, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [54] The Australian Bureau of Meteorology. The australian bureau of meteorology website. <http://www.bom.gov.au>, 2011. [accesat 22.09.2011].
- [55] H. Oktem, R. Pearson, and K. Egiazarian. An adjustable aperiodic model class of genomic interactions using continuous time boolean networks (boolean delay equations). *Chaos*, **13**:1167–1174, 2003.
- [56] M. Oprea. A case study of agent-based virtual enterprise modelling. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3690:632–635, 2005.
- [57] S. Ossowski, J. Z. Hernandez, C. A. Iglesias, and A. Fernandez. Engineering agent systems for decision support. In *Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Engineering societies in the agents world ESAW'02*, pages 184–198, Berlin, Heidelberg, 2002. Springer-Verlag.
- [58] P. Perner and C. Apte. Empirical evaluation of feature subset selection based on a real-world data set. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **17**(3):286–288, 2004.
- [59] C. Perrow. *The Next Catastrophe: Reducing Our Vulnerabilities to Natural, Industrial, and Terrorist Disasters*. Princeton University Press, 2007.
- [60] K. Price, S. Rainer, and L. Jouni. *Differential Evolution - A Practical Approach to Global Optimization*. Springer, 2005.
- [61] J. R. Quinlan. *C4.5: Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann, 1993.
- [62] A. Savran. An adaptive recurrent fuzzy system for nonlinear identification. *Applied Soft Computing*, **7**:593–600, 2007.

-
- [63] R. Babuška and H. Verbruggen. Neuro-fuzzy methods for nonlinear system identification-review. *Annual Reviews in Control*, **27**:73–85, 2003.
- [64] Agent Software. *JACK intelligent agents user guide*. Australia, 2002.
- [65] Florin Stratulat and Florin Ionescu. *Linear Control Systems*. Steinbeis Edition, 2009.
- [66] European Union. *Consolidated Treaties - Charter of Fundamental Rights*. European Union, Belgium, 2010.
- [67] Paridhi Verma and Dinesh C. Verma. Internet emergency alert system. In *Military Communications Conference, 2005. MILCOM 2005. IEEE*, volume **5**, pages 2936–2942, Atlantic City, USA, 2005.
- [68] Wikipedia. Deepwater horizon oil spill. http://en.wikipedia.org/wiki/Deepwater_Horizon_oil_spill/, 2010. accesat 22.08.2010].
- [69] R. J. Williams and D. Zipser. A learning algorithm for continually running fully recurrent neural networks. *Neural Computing*, **1**(2):270–280, 1989.
- [70] W. Yu. State-space recurrent fuzzy neural networks for nonlinear system identification. *Neural Processing Letters*, **22**:391–404, 2005.
- [71] I. Zaliapin, V. Keilis-Borok, and M. Ghil. A boolean delay equation model of colliding cascades. part i: Multiple seismic regimes. *Statistical Physics*, **111**:815–837, 2003.
- [72] I. Zaliapin, V. Keilis-Borok, and M. Ghil. A boolean delay equation model of colliding cascades. part ii: Prediction of critical transitions. *Journal of Statistical Physics*, **111**:839–861, 2008.
- [73] Jing Zhou. Adaptive sampling and routing in a floodplain monitoring sensor networks. In *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing*, 2006.