

## Prevenirea și detectarea dezastrelor cu ajutorul rețelelor de senzori inteligenți

Disponând de capacitatea de cunoaștere a creierului uman, ca urmare a cercetărilor științifice, știința contemporană a făcut posibilă apariția unui domeniu nou și spectaculos - sistemele artificiale inteligente.

Evoluția de până astăzi a fost considerată ca a unui domeniu specific organismelor vii, dar ea devine astăzi posibilă și pentru domeniul roboților, vehiculelor autonome, mașinilor cibernetice de toate tipurile și al creierelor artificiale.

Aceste sisteme inteligente, care pot lucra eficient și rapid în folosul omului, inclusiv pentru accelerarea evoluției sale, au la bază o viziune ultramodernă de realizare a unor procese decizionale, precum și posibilitatea soluționării unor probleme bazându-se pe teoria cunoașterii. Inteligența reprezintă abilitatea unui sistem (în cazul acesta artificial) de a acționa adecvat într-un mediu incert, imprecis, astfel încât acest sistem să își poată realiza, cu șanse cât mai mari de reușită, scopul pentru care a fost creat. Un sistem inteligent, în formele sale cele mai avansate, trebuie să ofere capacitatea de percepere și de înțelegere, de a alege pe baza raționamentelor făcute, capacitatea de a acționa cu succes în cazul unei multitudini de circumstanțe, astfel încât să supraviețuiască, să prospere și să-și asigure reproducerea într-un mediu oricât de complex și ostil.

Inteligența este privită ca integrarea percepției, a raționamentului, emoțiilor și comportamentului într-un sistem care simte, percepe, cunoaște și ia atitudine. În fiecare sistem inteligent, aceasta reprezintă mecanismul capabil să genereze cel mai avantajos comportament, îmbunătățind abilitatea de a acționa eficient și de a alege cea mai bună dintre alternativele comportamentale.

Inteligența biologică - care stă la baza dezvoltării acestui domeniu - este produsul unei competiții continue în strădaniile speciilor pentru supraviețuire. Definiția ei, în *Dicționarul Explicativ al Limbii Române* (DEX), pune în evidență capacitatea individului de a se adapta și de a rezolva situații noi pe baza experienței acumulate anterior. Se poate remarca și din această definiție că intuiția lexicografului a devansat cercetările de Inteligență Artificială-IA, care doar recent au pus pe primul plan cunoașterea, deplasând centrul de greutate al definiției IA către cunoașterea aplicată.

Definiția dată de Barr&Feigenbaum în 1981 prezintă Inteligența Artificială ca fiind știința care face parte din domeniul informaticii, având drept obiectiv proiectarea unor sisteme artificiale cu comportament inteligent – adică sisteme ce manifestă proprietăți pe care în mod obișnuit le asociem cu existența inteligenței în comportamentul uman - înțelegerea limbajului, învățare, raționament, rezolvarea problemelor.

Precursorul domeniului este considerat Norbert Wiener care, bazat pe tripla formație universitară în matematică, zoologie și filosofie, a reușit să pregătească terenul formării unui nou domeniu în cartea sa *Cibernetică sau control și comunicație la om și mașină*.

În martie 2006 Agenția Europeană pentru Monitorizare, Evaluare Structurală și Control - European Network for Structural Assessment Monitoring and Control și-a manifestat interesul în cercetarea rețelelor de senzori fără fir, planificând un calendar cu obiective destul de ambițioase, cum ar fi crearea unei rețele de monitorizare structurală și a infrastructurii integrate la nivel european până în anul 2020. Prioritățile agenției sunt: senzorii și rețelele de senzori, cadrul computațional, structuri inteligente, siguranță și securitate, monitorizarea ciclului de viață, evaluarea și analiza riscurilor.

Ca și în cazul celor mai multe din cercetările importante, și în cazul rețelelor de senzori fără fir - WSN, acestea au fost motivate de aplicațiile militare, după care treptat au fost identificate și aplicații civile. Urmare a realizărilor din domeniile microsenzorilor și rețelelor fără fir, acestea devin disponibile pentru foarte multe aplicații comerciale și militare, cum ar fi monitorizarea mediului și factorilor înconjurători (trafic, securitate), detecția și diagnosticarea în domeniul

industrial (fabrici, instalații), monitorizarea infrastructurilor (rețele de putere, distribuția apei, deozitare de deșeuri) și culegerea datelor din teatrele de operațiuni.

În utilizarea rețelor de senzori în acest domeniu, ar trebui luate în considerare marile lor avantaje: mobilitatea rețelei, eficiența, costul, robustețea, autoconfigurarea, toleranța la avarii, oportunitatea utilizării, durata de exploatare a rețelei. Miniaturizarea continuă a componentelor pentru calculatoare și creșterea masivă a puterii de procesare disponibilă computerelor mobile s-au îmbinat pentru a aduce unui segment de populație cât mai mare și mai multe aplicații bazate pe procesarea de către calculator.

Evoluția tehnologiei se bazează pe transmiterea informațiilor cu ajutorul undelor electromagnetice, folosind un spectru energetic din zona undelor radio, a microundelor și din domeniul infraroșu.

Dintre marile avantaje ale rețelelor fără fir - wireless, care le și recomandă utilizarea, sunt de menționat mobilitatea, scalabilitatea, flexibilitatea, simplitatea instalării. Gama foarte mare de aplicații arată că rețelele de senzori wireless oferă capabilități și îmbunătățiri în aplicațiile civile, precum și în asistarea efortului național de creștere a alertei în cazul unor amenințări teroriste.

Senzorii unei rețele pentru supravegherea unei anumite arii geografice trebuie să fie adresabili individual, astfel încât să se poată determina cu exactitate locul unde au apărut probleme. Nodurile sensor sunt dispozitive autonome, energia disponibilă fiind limitată de dimensiuni și costuri, au puteri computaționale între ele și astfel se pot colecta, procesa și ruta date de la mai multe alte noduri cu capabilități mai limitate; unele pot fi echipate cu dispozitive hardware speciale, cum ar fi sistemele de poziționare globală GPS - Global Positioning System, care se comportă ca niște balize de localizare pentru alte noduri, deducând astfel pozițiile acestora; alte noduri se pot comporta asemeni unor pasaje de trecere pentru rețelele de comunicații cu raza mare de acțiune (de exemplu rețelele GSM, rețelele satelitare sau internetul).

Cea mai des utilizată metodă pentru comunicație are la bază undele radio, din moment ce acestea nu necesită un câmp de vizibilitate directă, și comunicațiile de raze peste medie pot fi implementate cu un consum de putere redus și cu ajutorul unor antene de dimensiuni relativ mici (câțiva centimetri în benzile de frecvență uzuale de câțiva gigahertzi).

Utilizarea fasciculelor de lumină pentru comunicații implică un câmp de vizibilitate directă și există și posibilitatea de a interfera cu lumina ambientală sau chiar cu lumina zilei, dar se permite folosirea unor transceivere de dimensiuni mai mici, cu un consum energetic mai eficient decât în cazul comunicațiilor radio. Sunetul sau ultrasunetul sunt folosite, în general, în comunicațiile sub apă sau pentru măsurarea distanțelor bazate pe dimensionarea timpilor de propagare.

În funcție de aplicații, o rețea de senzori trebuie să fie capabilă să satisfacă anumite proprietăți în ceea ce privește calitatea serviciilor (QoS - Quality of Service), aspecte cum ar fi cele legate de buna funcționare în timp real, robustețea rețelei, rezistența la atacuri, împotrivirea contra tentativelor de acces nepermis, secretizarea prezenței.

**Reacția la dezastre** reprezintă una din cele mai frecvent utilizate aplicații ale rețelelor wireless de senzori. Un scenariu tipic este **detectia incendiilor din medii extraurbane**, nodurile echipate cu senzori de temperatură și optice de fum, împreună cu un software adecvat, care le permite determinarea poziției proprii (fie în relația cu vecinii sau în coordonate absolute).

Aceștia sunt răspândiți într-un perimetru extraurban (de exemplu o pădure), fie preventiv, fie din aeronave specializate, în momentul izbucnirii unui incendiu. Din datele centralizate se formează o hartă termică a regiunii, pe care se pot determina zonele de temperatură ridicată accesibile terestru. Scenarii similare se pot imagina și pentru **monitorizarea accidentelor chimice**.

Unele din aplicațiile de monitorizare a incidentelor au puncte comune cu aplicații de tip militar, senzorii din componența nodurilor fiind proiectați să detecteze mișcările de trupe (în loc de incendii).

Rețelele de senzori wireless pot fi utilizate și în **controlul calității mediului**, monitorizând emanațiile de gaze, substanțe chimice periculoase, rampe de gunoi, monitorizarea platoului marin printr-o mai bună înțelegere a fenomenelor de eroziune ale acestuia.

În domeniul controlului ecologic aceste rețele de senzori se pot utiliza pentru evaluarea numărului de specii de plante și animale dintr-un habitat, acest lucru implicând o mapare a biodiversității.

Principalele avantaje ale utilizării rețelelor de senzori wireless în astfel de aplicații sunt legate de funcționarea pe o durată cât mai lungă a senzorilor în maximă proximitate cu subiecții de interes. Nodurile cu senzori pot fi utilizate în monitorizarea stresului mecanic la care sunt supuse clădirile în zonele active seismic.

Prin măsurarea parametrilor mecanici, cum ar fi încărcarea la încovoiere a grinzilor, este posibil să se stabilească pe baza informațiilor provenite de la rețelele de senzori, dacă o clădire mai constituie un obiectiv sigur după un cutremur sau dacă este în pragul colapsului, în rețea putând participa și tipuri de senzori dedicate detecției formelor de viață prinse în clădirile prăbușite. În funcție de tipul de aplicație, nodurile de senzori pot fi instalate în clădiri deja construite, sau încorporați în clădiri aflate în construcție.

Aceste rețele nu sunt simple rețele de transport, ci rețele cu o inteligență distribuită, capabilă să ofere “răspunsuri și soluții, nu numere” (Steven Glasser, UC Berkeley), utilizatorii așteptând răspunsuri clare și inteligibile, eventual chiar acțiuni specifice unei anumite sarcini trasate.

În viitor, concepte precum evaluarea interacțiunilor la nivel local, fie că este vorba de regiuni geografice sau de intervale de timp vor avea un rol predominant. Se prevede necesitatea găsirii unor noi moduri de utilizare și exploatare a unei rețele de senzori, a unor noi interfețe, mai rapide, precum și de noi moduri de gândire referitor la serviciile oferite de astfel de rețele.

În concluzie, rețelele inteligente de tip wireless, prin nenumăratele avantaje pe care le prezintă, deschid calea unui nou domeniu de perspectivă, cu aplicații deosebite în mai toate domeniile de activitate.

**Autor: colonel dr. ing. Cristian DAMIAN,  
Inspectoratul General pentru Situații de Urgență**

**Bibliografie:**

K. Holger, A. Willig - *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*. JohnWiley & Sons 2005

Younis Mohamed, Akkaya Kemal - *Energy and QoS aware Routing in Wireless Sensor Networks*

L. Schwiebert, S. K. S. Gupta, and J. Weinmann. Research Challenges in *Wireless Networks of Biomedical Sensors*. In *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Networking (ACM Mobicom)*, pages 151–165, Rome, Italy, July 2001.

(Material publicat în revista **Protecția Civilă** nr. 2-3/2009)