



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00168**

(22) Data de depozit: **12/04/2021**

(41) Data publicării cererii:  
**28/10/2022** BOPI nr. **10/2022**

(71) Solicitant:  
• **SOFT GALAXY INTERNATIONAL S.R.L.**,  
BD. TUDOR VLADIMIRESCU, NR. 22,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• **DUMITRESCU CĂTĂLIN**, STR. SF. MARIA,  
NR. 1, BL. 10 A4, SC. A, ET. 6, AP. 39,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• **STOICA VALERIU-ADRIAN**, STR. RARĂU,  
NR. 1, BL. V68, SC. 2, ET. 4, AP. 26,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **SISTEM ȘI METODĂ PENTRU CULEGEREA, ANALIZA ȘI PREDICȚIA INFORMAȚIILOR DE MOBILITATE A FLUXURILOR DE PERSOANE PENTRU EVACUAREA MULȚIMILOR ÎN SITUAȚII DE CRIZĂ, BAZATĂ PE MULTI-AGENȚI INTELIGENȚI PENTRU DETERMINAREA DRUMULUI CEL MAI SCURT DE EVACUARE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și o metodă pentru culegerea, analiza și predicția informațiilor de mobilitate a fluxurilor de persoane în vederea evacuării mulțimilor în situații de criză. Sistemul conform invenției este compus dintr-o rețea de senzori care detectează dispozitive mobile pe canale GSM/GPS, Bluetooth și Wi-Fi, amplasați într-o arie determinată, cum ar fi în interiorul unei clădiri sau într-un spațiu public, la distanțe cunoscute unul față de celălalt, asigurându-se astfel triangulația și un sistem informațional de comandă și control pe care rulează niștemodule software de detecție, analiză și predicție pentru determinarea mobilității fluxurilor de persoane în vederea evacuării mulțimilor în situații de panică/ criză. Informațiile captate de sistemul conform invenției se referă la adresa IP și adresa MAC a dispozitivului, eticheta temporală (ID) a dispozitivului mobil GSM și nivelul semnalului radio recepționat. Fiecare senzor transmite aceste informații către o unitate centrală de prelucrare unde are loc prelucrarea, analiza și predicția în timp real, constând în: -localizarea inițială a poziției dispozitivelor mobile detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza distanțelor dintre senzori, utilizând algoritmi de triangulație; -amplasarea georeferențială în cadrul unei celule virtuale și sortarea dispozitivelor mobile în funcție de tipul de semnal și nivelul semnalului de recepție, în vederea clasificării acestora; -determinarea rutelor de

mobilitate pentru fiecare dispozitiv mobil identificat; -predicționarea traseelor optime de evacuare a mulțimii pietonale și de sosire a echipelor de intervenție, de ex., pompieri, salvare, poliție, dintr-o anumită arie.

Revendicări: 9  
Figuri: 4

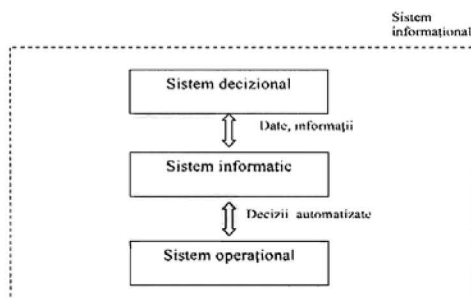
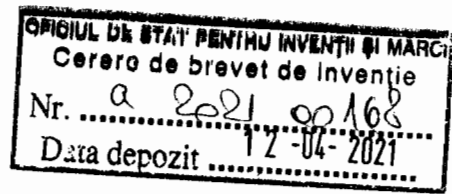


Fig. 1





**Sistem și Metodă pentru culegere, analiza și predicția informațiilor de  
mobilitate a fluxurilor de persoane pentru evacuarea mulțimilor în situații de  
criză, bazată pe multi-agenți inteligenți pentru determinarea drumului cel mai  
scurt de evacuare**

DUMITRESCU Catalin, STOICA Adrian-Valeriu

Invenția se referă la o metodă și un sistem hardware pentru determinarea informațiilor de mobilitate a persoanelor, bazată pe o rețea de senzori pentru detectarea dispozitivelor mobile pe GSM, Bluetooth, Wi-Fi și algoritmi de analiza și predicție de tip multi - agenți inteligenți și logică fuzzy, pentru evacuarea mulțimilor pietonale în situații de panică (criza).

Apariția crescândă a momentelor de panică în timpul evenimentelor în masă a motivat această invenție, plecând de la studierea impactului panicii asupra dinamicii mulțimii și simularea fluxurilor de pietoni în situații de panică. Lipsa de înțelegere a momentelor de panică cauzează în continuare sute de victime în fiecare an, fără să mai vorbim de studiile metodice ale comportamentului de panică capabile să prevadă dinamica mulțimii. În aceste condiții, există mii de victime și de două ori mai multe accidente provocate de mulțime în întreaga lume, în ciuda eforturilor de control asupra mulțimii și a unui număr mare de forțe de pază. Dinamica mulțimii pietonilor este, în general, previzibilă în mulțimile cu densitate mare, unde pietonii nu se pot mișca liber, se dezvoltă interacțiuni autopropulsante între pietoni. Deși fiecare pieton are preferințe personale, dinamica mișcării poate fi modelată ca o forță socială a mulțimi. Forțele corespunzătoare pot fi controlate pentru fiecare individ și reprezintă o varietate diferită de comportamente care pot fi asociate cu situațiile de panică, cum ar fi evitarea pericolului, aglomerarea și împingerea. În această invenție, folosim un model bazat pe multi-agenți inteligenți pentru determinarea comportamentului pietonal în situații de panică pentru a prezice comportamentul uman colectiv într-o situație dinamică a mulțimii. Invenția propusă reprezintă o modalitate practică de a reduce fatalitatea și de a minimiza timpul de evacuare în situații de panică. Mai mult decât atât, introducem în această invenție, cu caracter de noutate, un modul de comportament de împingere, ceea ce va conduce la un model aproape real de dinamică a mulțimii, utilizând planificarea rutelor de evacuare pe baza logicii fuzzy și a curbelor Bezier. Există multe cercetări care se referă la detectarea prin Bluetooth a persoanelor sau vehiculelor care dețin dispozitive Bluetooth, cu multe abordări orientate spre utilizare în locații interioare, urmărirea anonimă a țintelor sau alte aplicații similare. Bluetooth este o tehnologie

1	2
---	---

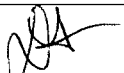



care este prezentă în multe dispozitive portabile, cum ar fi smartphone-uri, ceasuri inteligente, căști, unități de cap în mașini etc. Prin urmare, considerăm că, deși încă relativ imprecisă, soluția de descoperire și urmărire a acestor dispozitive, completată cu informații cu privire la reprezentarea numărului total de persoane / vehicule care transportă aceste dispozitive reprezintă o soluție modernă și rentabilă pentru colectarea multor informații despre tiparele de deplasare, densitatea acestora și distribuția de mobilitate, localizarea în interior sau orice alte date relevante.

Informațiile privind intensitatea semnalului (RSSI) Bluetooth sunt analizate în [1] prin modelare și simulare, cu scopul de a stabili un scenariu de coridor interior. RSSI este utilizat în tehnologia Bluetooth /Wi-Fi pentru a reduce gama de comunicații și, prin urmare, interferențele dintre diferitele dispozitive din zonele învecinate și pentru a asigura o putere constantă a semnalului radio.

De asemenea, atunci când se utilizează această metodă pentru localizare, soluția nu este foarte robustă în raport cu locațiile senzorilor de referință (precizia este egală sau este mai mică de 3 m în peste 90% din cazurile analizate). O altă soluție dezvoltată [2] propune o estimare a proximității bazată pe RSSI a semnalelor Bluetooth. Această cercetare explorează posibilitatea utilizării Bluetooth ca tehnică de estimare a proximității. Autorii folosesc un model de propagare având în vedere putere transmisă, câștiguri de antenă, factor de atenuare și distanță. Concluzia acestui studiu este că Bluetooth oferă o soluție utilizabilă pentru măsurarea proximității față de un reper de referință. Cercetările privind aplicabilitatea Bluetooth / Wi-Fi în urmărirea pacienților într-un mediu clinic sunt descrise în [3], unde autorii investighează fezabilitatea unui sistem de localizare în timp real în interior bazat pe Bluetooth și inteligență artificială. Studiul demonstrează utilitatea rețelelor neuronale concurente (CNN) și a rețelelor neuronale artificiale (ANN) într-o soluție combinată cu etichetare Bluetooth pentru urmărirea persoanelor într-o rețea dedicată de senzori. Unele soluții iau în considerare arhitecturi multiple de rețele neuronale instruite pentru a face față dezavantajelor tipice ale măsurătorilor RSSI, cum ar fi modificări ale valorilor RSSI datorită orientărilor diferite ale receptorului utilizatorului, prezenței obstacolelor aleatorii în FOV etc. Soluția a constat în dezvoltarea unui comportament de conectare predictiv, orientat spre accelerarea procesului de localizare, bazat pe o arhitectură NN [4]. Principalele tehnici pentru localizarea interioară sunt revizuite în [5], inclusiv măsurarea RSSI, AoA (Angle Of Arrival) sau analiza timpului într-un studiu comparativ, împreună cu BER (Bit Error Rate), concluzionând că BER ar putea fi un bun indicator între dispozitivele de comunicare.

O metodă specifică de triangulare pentru estimarea locației utilizând semnale Bluetooth / Wi-Fi este prezentată și în [6], unde soluția pentru determinarea precisă a locației ia în considerare dependența dintre distanță și puterea semnalului primit. Soluția prezentată aici limitează utilizarea posibilă doar la distanțe de 8 metri de la un punct de acces, combinând o metodă de

1		2	
---	---	---	--



triangulare cu o estimare matematică cu cel mai mic pătrat. În comparație cu standardele Wi-Fi 802.11, unde un far poate fi detectat fie în proximitate, fie la câteva blocuri distanță de receptor, tehnologia Bluetooth are avantajul că sunt utilizate semnale RF de mică putere, adică este posibilă detectarea unui dispozitiv similar în metri.

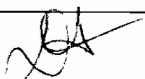

Un astfel de avantaj este exploatat de unii autori [7], unde se propune o soluție pentru detectarea dispozitivelor mobile Wi-Fi bazată pe desfășurarea unei serii de stații de bază pe un teritoriu definit și folosind în mare parte aceeași tehnologie ca în rețelele celulare. În mai multe articole [8], [9], [10] a fost efectuată o explorare a posibilității de a determina locația, pe baza utilizării simple a puterii semnalului ca proximitate pentru lungime, cu rezultate nu foarte încurajatoare. Acest lucru se datorează în principal efectelor de propagare într-un mediu complex care creează numeroase reflexii, difracții, absorbția semnalelor și generarea de artefacte. Cercetătorii afirmă că, controlând cu atenție puterea semnalului transmis, este posibil să se obțină o precizie de aproximativ 1,2 metri [11]. Studiul privind fezabilitatea determinării localizării pe baza abordării celulare este continuat în [12] cu un model combinatoriu specific pentru celule și posibile locații ale balizelor, selectat din pozițiile balizelor candidate. Autorii declară că, cu acest model combinatoriu și configurarea balizelor, au reușit să reducă efectele distorsiunii propagării în medii interioare specifice.

Cercetări mai recente introduc o îmbunătățire a metodei de triangulare prin utilizarea algoritmilor de învățare automată [13]. Setarea include o desfășurare specifică de balize de-a lungul unei căi, care transmit în mod continuu semnalele difuzate într-o ordine prestabilită.

Colectarea datelor este efectuată de dispozitivul mobil, care trimite aceste informații și către un server central, unde se efectuează toate calculele, iar rezultatul este trimis în cele din urmă către receptor. Soluția aplică, de asemenea, o filtrare medie pentru RSSI pentru a îmbunătăți precizia. Aplicațiile bazate pe locație își găsesc și ele locul în publicitate. Alte cercetări implică diferite proceduri pentru îmbunătățirea rezultatelor localizării [14-18].

Problema tehnică rezolvată de invenție constă în achiziția, prelucrarea, analiza, predicția și stocarea simultană de informații privind numărul de persoane din mulțimile dense, informații privind poziția căilor de evacuare – rutele de evacuare, informații statistice privind numărul de persoane care alcătuiesc mulțimea și informații privind densitatea persoanelor care sunt în dreptul căilor de evacuare, fără utilizarea vreunui element de infrastructură de comunicații, cu un consum redus de energie și cu efecte minime asupra mediului înconjurător.

Invenția rezolvă această problemă tehnică prin aceea că asigură culegerea de informații privind mobilitatea și densitatea dispozitivelor mobile de comunicații, prin utilizarea unei rețele de senzori care monitorizează anonim prezenta dispozitivele mobile utilizând detectia GSM/GPS, Bluetooth (BT) și Wi-Fi, pentru culegerea de informații privind: densitatea estimată de persoane

1		2	
---	---	---	---



care alcătuiesc mulțimea, numărul estimat de persoane care se îndreaptă spre căile de evacuare și informații privind densitatea / fluenta de evacuare a persoanelor.

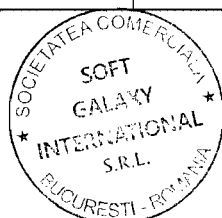
Sistemul pentru detectia anonimă a informațiilor de poziție și mobilitate a mulțimilor în situații de panică, bazată pe detectia dispozitivelor mobile prin GSM/GPS, Bluetooth (BT), Wi-Fi și multi-agenți inteligenți cu logică fuzzy, conform invenției, este caracterizat prin faptul că este compus dintr-o rețea de senzori instalați în ariile de interes, alimentați electric de la instalația clădirilor sau rețeaua publică și putând comunica radio cu un echipament de calcul tip Unitate de Calcul (UC) aflat, în centrul de management al crizelor, senzorii fiind capabili să detecteze prin unde radio dispozitive GSM/BT/Wi-Fi împerecheate precum și dispozitivelor mobile în regim de descoperire, sau alte dispozitive în regim de descoperire, să achiziționeze informații despre adresele IP / MAC ale dispozitivelor, eticheta temporală și nivelul semnalului radio și să transmită aceste informații unității de bord UC, unde are loc prelucrarea, analiza și predicția ulterioară a acestora, constând în:

- localizare inițială a poziției nodului de detectie a dispozitivelor mobile pe GSM/BT/Wi-Fi detectat, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza perechile de senzori, prin algoritmi de triangulație;
- zonare (*georeferențială*) și de sortare a categoriilor de noduri GSM/BT/Wi-Fi recepționate, în vederea clasificării acestora, bazată pe următoarele categorii de interes:
  - o Noduri GSM/BT/Wi-Fi considerate fixe, pentru poziționare ulterioară (geo-repere) a dispozitivelor mobile detectate;
  - o Noduri mobile: stabilirea aleatoare a nodurilor de referință luând în calcul densitățile cele mai mari de persoane detectate în jurul nodurilor de referință.

Metoda, conform invenției, asigură determinarea, utilizând detecția dispozitivelor mobile pe GSM/BT/Wi-Fi, a poziției, densitatea de populație și numărul de persoane și predicția în domeniul timp a prezenței nodurilor GSM/BT/Wi-Fi conectate sau stabilite aleator, pentru determinarea următoarelor categorii de informații: densitatea numărului estimat de persoane aflate într-o arie determinată, densitatea numărului estimat de persoane ce se îndreaptă spre căile de evacuare prestabilite, densitatea numărului de persoane care au ajuns într-o zonă securizată și predicția de amplasare a unor noi căi de evacuare.

Metoda folosește algoritmi de georeferință bazați pe intensitatea semnalului radio recepționat de la dispozitivele detectate, algoritmi de triangulație pentru determinarea poziției acestora și algoritmi de tip multi-agenți inteligenți cu logică fuzzy și analiză clusterizată pentru clasificarea dispozitivelor detectate în categoriile: persoane aflate în zona de interes, persoane care se îndreaptă spre căile de evacuare, densitatea de mobilitate a persoanelor care utilizează căile de

1	2
---	---



evacuare în situații de panică și densitatea persoanelor care au ajuns într-o zonă de siguranță. Algoritmii utilizați în această invenție pot predicționa coordonarea mulțimii de persoane spre anumite căi de evacuare astfel încât celelalte căi de evacuare / intrare să fie utilizate de către echipele de intervenție, astfel încât să se reducă la maximum fatalitatea și minimizarea timpului de evacuare în situații de panică.

Conform metodei invenției, analiza cu multi-agenți inteligenți a datelor obținute se realizează pentru reprezentarea fiecare grup de mulțime de tip cluster din densitatea fluxurilor de pietoni în situații de panică și fiecare sub-grup din densitatea fluxurilor de pietoni care se îndreaptă spre căile de evacuare, afișarea rezultatelor prin reprezentarea grupurilor clusterizate prin coordonate georeferențiale prin utilizarea unei componente software constând în:

- realizarea unui nucleu central de reprezentare pentru care mulțimea acestor puncte este considerată ca aparținând în mod sigur celule de recepție, punctele din această mulțime pe baza logicii fuzzy și a curbelor Bezier determină traseul cel mai scurt de evacuare colectivă față de centrul celulei de localizare pe harta georeferențială al zonei respective;
- determinarea unor grupe de tip subgrupuri: pentru determinarea căilor de evacuare de rezervă și determinarea traseelor cele mai scurte pentru acestea dacă densitatea de fluxurilor de persoane este în creștere.

Este realizată cu caracter permanent stocarea în memoria centrală a sistemului hardware de achiziție, prelucrare și predicție.

Sistemul, conform invenției, constă în implementarea unei platforme hardware și software, care să asigure suportul în fundamentarea deciziilor și coordonarea activităților în situații de criză. Astfel, principalul modul al invenției este alcătuit dintr-un sistem de detectare a fluxurilor de persoane în situații de panică (criză) și determinarea căilor de evacuare, iar al doilea modul al invenției este destinat pentru predicția controlului echipelor de intervenție în situații de criză.

Sistemul propus în invenție este alcătuit dintr-un sistem informational compus din sistemul decizional, care are în componență o rețea compactă de senzori de detecție pe GSM/BT/Wi-Fi montați în aria de interes, sistemul informatic care realizează achiziția și prelucrarea datelor și sistemul operational, conform Figurii 1, astfel încât să se realizeze triangulația detecțiilor de fluxuri de persoane, amplasați la o distanță cunoscută unul față de celălalt, prelucrarea, analiza și predicția densității de mulțime.

Sistemul informational are componenta principală formată din sistemul informatic (Figura 2), alcătuită din următoarele componente funcționale:

1	2
---	---



- un modul de colectare a informațiilor din sistemele operațional și decizional precum și informațiile ce provin din mediul extern – arie de senzori detectie pentru GSM/BT/Wi-Fi;
- să înregistreze (stocare) aceste informații precum și informații rezultate din prelucrarea lor;
- un modul care asigură accesul la informații în vederea comunicării informațiilor către fluxurile de persoane și către echipele de intervenție;
- un modul de prelucrare a informațiile și de calculare a predicțiile utilizând multi-agenți inteligenți la cererea sistemului operațional și a sistemului de decizie.
- un modul de analiză software pentru identificarea și analiza amenințărilor, vulnerabilităților și evaluarea riscurilor privind evacuarea fluxurilor de persoane în situații de criză.

Avantajele invenției sunt:

- se bazează pe comportamentul colectiv al multi-agenților inteligenți individuali, din a căror interacțiuni va apărea un comportament de grup și o dinamică de autoorganizare a agenților.
- modelul de analiză și predicție propus, utilizează un model bazat pe un amestec de forțe fizice și socio-psihologice pentru determinarea dinamicii mulțimii. Scopul invenției este să introducă în analiză (1) un parametru de panică care să afecteze comportamentele multi-agentului inteligent, (2) un mecanism pentru răspândirea panicii în fluxurile de mulțimi și (3) scenarii auxiliare pentru modelarea comportamentelor de apăsare/împingere ale persoanelor pentru determinarea dinamicii mulțimii de pietoni în situații de panică.
- Posibilitate monitorizarea trasabilității (mobilității) fluxurilor de persoane dintr-un spațiu /arie de interes utilizând hărți celulelor virtuale (*tracking* deplasare după ID/IP/MAC);
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în concordanță și cu figurile 1- 4, care reprezintă:

- Figura 1: Arhitectura modulara a sistemul informational conform invenției;

- Figura 2: Arhitectura modulului informatic si modulele software pentru soluția tehnică conform invenției;

- Figura 3: Modelul matematic pentru determinarea vitezei de împingere al agentului inteligent la instalarea panicii.

- Figura 4: Determinarea drumului cel mai scurt de evacuare utilizand o harta celulara conform invenției.

1	2
---	---



### Prezentarea soluției tehnice

Sistemul conform invenției, de culegere, analiză și predicția informațiilor de mobilitate a fluxurilor de persoane pentru evacuarea mulțimilor în situații de criză, se caracterizează prin aceea că este compus dintr-o rețea de senzori care detectează dispozitivele mobile pe canale GSM/GPS, Bluetooth și Wi-Fi, amplasați într-o arie determinată (interiorul unei clădiri, spațiu public), la distanțe cunoscute unul față de celălalt, asigurându-se astfel triangulația și un sistem informational de comandă și control pe care rulează modulele software de detecție, analiză și predicție pentru determinarea mobilității fluxurilor de persoane pentru evacuarea mulțimilor în situații de criză (Figura 1).

Informațiile captate de sistemul propus în invenție, se referă la: adresa IP și adresa MAC a dispozitivului, eticheta temporală (ID) a dispozitivului mobil GSM generat de către harta celulară virtuală a invenției și nivelul semnalului radio recepționat. Fiecare senzor transmite aceste informații către unitatea centrală de prelucrare, unde are loc prelucrarea, analiza și predicția în timp real a acestora, constând în:

- Localizare inițială a poziției dispozitivelor mobile detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio și analiza distanțelor dintre senzori, utilizând algoritmi de triangulație;
- Amplasare georeferențială în cadrul celulei virtuale și sortare a dispozitivelor mobile recepționate funcție de tipul de semnal și nivelul semnalului de recepție, în vederea clasificării acestora.
- Determinarea rutelor de mobilitate pentru fiecare terminal mobil identificat.
- predicționarea traseelor optime de evacuare a mulțimii pietonale și de sosire a echipelor de intervenție (pompieri, salvare, poliție) dintr-o anumită arie, în cazul situațiilor de panica/criză.

Sistemul, conform invenției, se compune din următoarele module funcționale conform figurilor 1 și 2:

- O rețea de senzori unificați pentru detecția terminalelor mobile utilizând canale de recepție de tip GSM/GPS, Bluetooth și Wi-Fi – dispozitive montate în aria de interes, amplasați la distanță cunoscută între ei pentru determinarea elementelor de triangulație;
- Un modul central de prelucrare numit Unitate de Calcul (UC), format din echipamente și module software de calcul, cu următoarele submodule funcționale:
  - Blocul de analiză nivel semnal radio și triangulație în domeniul timp – modul software pentru analiza dispozitivelor mobile detectate, bazată pe intensitatea semnalului radio recepționat de la acestea (RSS – Received Signal Strength). De

1	2
---	---





asemenea, acest modul etichetează dispozitivele mobile detectate și le plasează în interiorul celulelor virtuale pe baza ID alocat aleator și a adreselor IP și MAC identificate. Identitatea nodurilor este bazată pe unicitatea etichetelor ID alocate, adresei MAC (Media Access Control) a dispozitivelor BT/BLE descoperite și IP identificat pe rețelele de Wi-Fi;



- Modulul de prelucrare a informațiilor de triangulare cu diagrama Voronoi și curbe Bezier. Pentru impunerea unor constrângeri se aplică în cadrul invenției un caz particular denumit triangularea Bezier optima, care permite localizare cu o eroare de 0.2 metri. Folosind acest nou algoritm se poate realiza și reprezentarea suprafețelor de localizare 3D.
- Modulul de analiză a comportamentului colectiv al mulțimii pe baza agenților inteligenți, care utilizează un model matematic bazat pe un amestec de forțe fizice și socio-psihologice pentru simularea dinamicii mulțimii. Acest modul de analiză va determina (1) parametrul de panică care să afecteze comportamentele agentului inteligent, (2) predicția mecanismului pentru răspândirea panicii în mulțimi și (3) parametrii necesari pentru modelarea comportamentelor de apăsare / împingere pentru determinarea comportamentului colectiv al multi-agenților inteligenți individuali/colecțivi, care caracterizează comportamentul mulțimii la apariția situațiilor de panică.
- Modulul de apăsare / împingere care predicționează comportamentul de apăsare sau împingere pentru agenții inteligenți când fluxul de persoane încearcă să forțeze o cale de evacuare printr-o mulțime. Acest modul conform invenției introduce un algoritm cu caracter inovativ pentru modelarea ecuației de planificare. Pentru a obține acest efect, am realizat un algoritm inovator de planificare, rezultând un nou model matematic bazat pe logică fuzzy, acesta fiind reprezentat în figura 3.
- Modulul de analiză și predicție a comportamentului de panică propus în invenție utilizează un model de dinamică de consens sau de difuzie cu input extern. Modelul propus în invenție depinde de numărul de persoane detectate din zona de interes și de nivelul lor de panică determinat în timp real pe baza algoritmului de clustering. Comportamentul de panică depinde și de distanțele relative dintre persoanele aflate într-o anumită celulă.
- Modulul pentru detecția căilor de evacuare dintr-o scenă se bazează conform invenției pe un algoritm realizat cu rețele neuronale convoluționale și curbe Bezier, pentru determinarea drumului cel mai scurt de deplasare. Scopul principal al modului este realizarea unei reprezentări reduse a imaginii de tip GIS. Acest

1	2
---	---



lucru conform invenției se realizează analizându-se secvențial fiecare sub-regiune și efectuându-se operații matematice complexe asupra valorilor pixelilor. La final, rezultatul obținut va reprezenta probabilitatea ca un drum să apară în fiecare din sub-regiunile analizate. Următoarea etapă de calcul conform invenției este utilizarea vectorului de probabilitate și transformarea lui în topologia exactă a drumului. Mai exact, probabilitatea ca un drum să apară în fiecare sub-regiune se transformă în reprezentarea în pixeli a aceluia drum. Această operație va fi efectuată în a doua parte a *pipeline-ului*, anume Deconvolutional Network reunită cu algoritmul Bezier. Pentru a realiza acest lucru, calculele matematice se vor realiza conform invenției cu procesoare grafice GPU NVIDIA. Interfața grafică de reprezentare a rezultatelor este prezentată în figura 4.



- Modulul pentru gestionarea riscurilor și procese decizionale conform invenției se bazează pe utilizarea unui algoritm de tip Machine Learning de tip Self-Organization Map (SOM) cu eroare de cuantizare minimă MQE (Minimum Quantization Error). Rețeaua SOM este realizată pe principiul perceptronului multistrat (MLP) cu antrenare de tip backpropagation. Rețeaua SOM-MLP este în general reprezentată de o succesiune de straturi de neuroni, compusă dintr-un strat de intrare, unul sau mai multe așa numite straturi ascunse (*hidden layer*) și un strat de ieșire, conectate secvențial între ele. Ieșirile unui strat reprezintă intrări pentru stratul următor. Straturile sunt complet conectate, fiecare perceptron de pe un strat fiind conectat cu toți perceptronii de pe stratul anterior. Fiecare conexiune are o pondere individuală proprie. Astfel, conform invenției obținem modele conexiuniste, de tip prelucrări paralele distribuite.
- Modulul software pentru afișarea grafică a rezultatelor în 3D, reprezentare grafice de clustere. Reprezentarea 3D a clusterelor este formată din:
  - Reprezentarea unui nucleu central ca o mulțime de puncte aparținând în mod cert celulei centrale. Punctele de reprezentare sunt elementele semnificative în execuția algoritmului deoarece determină colectiv unde este centrul celulei de localizare pe harta georeferențială.
  - Reprezentarea mediului înconjurător (subgrupe) se reprezintă printr-un grup de puncte suficient de apropiate unele de altele astfel încât pot fi approximate ca drumul cel mai scurt de analiză. Dacă, aceste puncte sunt suficient de departe de orice cale de evacuare determinată, rezultă o stare de incertitudine privind apartenența mulțimii la un anumită celulă de localizare.

1		2	
---	---	---	---



Contribuțiile cu *caracter de noutate ale invenției* sunt:

- Realizarea unei soluții integrate de culegere, analiza și predicția informațiilor de densitate (mobilitate) a fluxurilor de persoane pentru evacuarea mulțimilor în situații de criză (panică), bazată pe recepționarea dispozitivelor mobile cu o rețea integrată de senzori GSM/GPS, Bluetooth și Wi-Fi pentru detectia terminalelor mobile și analiză realizată cu algoritmi performanți de Inteligență Artificială;
- Realizarea zonării georeferențiale, prin combinarea algoritmilor Voronoi și a curbelor Bezier;
- Utilizarea unui nou algoritm de triangulare Voronoi și curbe Bezier optim; acesta permițând localizări cu o marjă de eroare de 0,2 m;
- Utilizarea unui algoritm inovativ pentru analiză a comportamentului colectiv al mulțimii pe baza multi-agenților inteligenți, care utilizează un model matematic bazat pe un amestec de forțe fizice și socio-psihologice pentru simularea dinamicii mulțimii.
- Utilizarea unui algoritm inovativ pentru determinarea parametrilor de apăsare / împingere care predicționează comportamentul pentru agenții inteligenți când fluxul de persoane încearcă să forțeze o cale de evacuare printr-o mulțime. Acest modul conform invenției introduce un algoritm cu caracter inovativ pentru modelarea ecuației de planificare bazat pe logică fuzzy.
- Utilizarea unui model de analiză și predicție a comportamentului de panică care utilizează un model de dinamică de consens sau de difuzie cu input extern pe baza algoritmilor de clustering.
- Utilizarea unui algoritm pentru detecția căilor de evacuare dintr-o scenă utilizând un algoritm realizat cu rețele neuronale convoluționale și curbe Bezier.
- Realizarea unui model matematic pentru gestionarea riscurilor și a proceselor decizionale care se bazează pe utilizarea unui algoritm de tip Machine Learning de tip Self-Organization Map (SOM) cu eroare de cuantizare minimă MQE (Minimum Quantization Error).
- Reprezentarea datelor pe hărți de localizare 3D;
- Posibilitatea monitorizării mobilității dispozitivelor mobile detectate, cu beneficii în sistemele de gestionare a crizelor și luarea deciziilor;
- Soluția propusă conform invenției nu necesită suportul rețelelor de comunicații mobile celulare pentru îndeplinirea funcțiilor menționate în invenție;
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului.

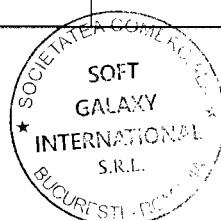
1		2	
---	---	---	---



## Bibliografie

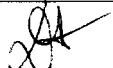

1. Figueiras, J.; Schwefel, H.-P.; Kovacs, I. Accuracy and timing aspects of location information based on signal-strength measurements in Bluetooth. In Proceedings of the 2005 IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Berlin, Germany, 11–14 September 2006, doi:10.1109/pimrc.2005.1651931.
2. Rangasamy, R.; Periasamy, P. Accurate location identification using Bluetooth in Android smartphone. *Int. Dly. J.* **2015**, *30*, 81–86.
3. Iqbal, Z.; Luo, D.; Henry, P.; Kazemifar, S.; Rozario, T.; Yan, Y.; Westover, K.; Lu, W.; Nguyen, D.; Long, T.; et al. Accurate real time localization tracking in a clinical environment using Bluetooth low energy and deep learning. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0205392, doi:10.1371/journal.pone.0205392.
4. Altini, M.; Brunelli, D.; Farella, E.; Benini, L. Bluetooth indoor localization with multiple neural networks. In Proceedings of the IEEE 5th International Symposium on Wireless Pervasive Computing, Modena, Italy, 5–7 May 2010; pp. 295–300.
5. Thapa, K.; Case, S. An indoor positioning service for Bluetooth ad hoc networks. In Proceedings of the Midwest Instruction and Computing Symposium (MICS), Duluth, MN, USA, 11–12 April 2003.
6. Feldmann, S.; Kyamakya, K.; Zapater, A.; Zighuo L. An indoor Bluetooth-based positioning system: Concept, implementation and experimental evaluation. In Proceedings of the International Conference on Wireless Networks, Las Vegas, NV, USA, 23–26 June 2003.
7. Chawathe, S.S. Beacon placement for indoor localization using Bluetooth. In Proceedings of the 2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Beijing, China, 12–15 October 2008; pp. 980–985, doi:10.1109/ITSC.2008.4732690.
8. Bielawa, T.M. Position Location of Remote Bluetooth Devices. Master's Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, June 2005.
9. Hallberg, J.; Nilsson, M.; Synnes, K. Positioning with Bluetooth. In Proceedings of the 10th International Conference on Telecommunications, Tahiti, French Polynesia, 23 February–1 March 2003, pp. 954–958.
10. Ma, R.; Guo, Q.; Hu, C.; Xue, J. An improved WiFi indoor positioning algorithm by weighted fusion. *Sensors* **2015**, *15*, 21824–21843, doi:10.3390/s150921824.
11. Sthapit, P.; Gang, H.-S.; Pyun, J.-Y.; Pyurr, J.-Y. Bluetooth based indoor positioning using machine learning algorithms. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics Asia (ICCE-Asia), Jeju, South Korea, 24–26 June 2018.
12. Pellerin, J.; Caumon, G.; Julio, C.; Mejia-Herrera, P.; Botella, A. Elements for measuring the complexity of 3D structural models: Connectivity and geometry. *Comput. Geosci.* **2015**, *76*, 130–140, doi:10.1016/j.cageo.2015.01.002.
13. Wang, Y.; Yang, X.; Zhao, Y.; Liu, Y.; Cuthbert, L. Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods. In Proceedings of the 2013 IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 11–14 January 2013.
14. He, S.; Chan, S.-H.G. Wi-Fi Fingerprint-based indoor positioning: Recent advances and comparisons. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* **2015**, *18*, 466–490, doi:10.1109/comst.2015.2464084.
15. Zou, D.; Meng, W.; Han, S.; He, K.; Zhang, Z. Toward ubiquitous LBS: Multi-radio localization and seamless positioning. *IEEE Wirel. Commun.* **2016**, *23*, 2–8, doi:10.1109/MWC.2016.1500177WC.
16. Sun, Y.; Zhang, X.; Wang, X.; Zhang, X. Device-free wireless localization using artificial neural networks in wireless sensor networks. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* **2018**, *2018*, 1–8, doi:10.1155/2018/4201367.
17. Deng, Z.; Si, W.; Qu, Z.; Liu, X.; Na, Z. Heading estimation fusing inertial sensors and landmarks for indoor navigation using a smartphone in the pocket. *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.* **2017**, *2017*, doi:10.1186/s13638-017-0941-0.
18. Wen, Y.; Tian, X.; Wang, X.; Lu, S. Fundamental limits of RSS fingerprinting based indoor localization. In Proceedings of the 2015 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM), Kowloon, Hong Kong, 26 April–1 May 2015.

1	2
---	---



Revendicări

1. Sistem pentru detectarea, analiza și predicția informațiilor de mobiliate a fluxurilor de persoane pentru evacuarea mulțimilor în situații de criză, bazată pe multi-agenți inteligenți pentru determinarea drumului cel mai scurt de evacuare, conform invenției, este compus dintr-o rețea de senzori pentru detecția dispozitivelor mobile utilizand cale de receptie GSM, Bluetooth și Wi-Fi, și dintr-un sistem informational pentru realizarea achiziției informațiilor de la senzori și realizarea calculelor utilizând unități de calcul cu procesoare grafice GPU NVIDIA și o masă digitală de afișare a rezultatelor de analiză și predicție în format 3D.
2. Realizarea zonării georeferențiale, prin combinarea algoritmilor Voronoi și a curbelor Bezier, obținând localizări cu o eroare de 0,2 m.
3. Utilizarea unui algoritm inovativ pentru analiză a comportamentului colectiv al mulțimii pe baza multi-agenților inteligenți, utilizând un model realizat pe baza simulării dinamicii mulțimii.
4. Utilizarea unui algoritm inovativ pentru determinarea parametrilor de apăsare / împingere care predicționează comportamentul pentru multi-agenții inteligenți când fluxul de persoane încearcă să forțeze o cale de evacuare printr-o mulțime.
5. Utilizarea conform invenției a unui algoritm cu caracter inovativ pentru modelarea ecuației de planificare bazat pe logică fuzzy.
6. Utilizarea unui model de analiză și predicție a comportamentului de panică bazat pe modelul de dinamică de consens dezvoltat cu algoritmi de clustering.
7. Utilizarea unui algoritm pentru predicția căilor de evacuare dintr-o scenă utilizând un algoritm realizat cu rețele neuronale convoluționale și curbe Bezier.
8. Realizarea unui model matematic pentru gestionarea riscurilor și a proceselor decizionale care se bazează pe implementarea unui algoritm de tip Machine Learning de tip Self-Organization Map (SOM) cu eroare de cuantizare minimă MQE (Minimum Quantization Error).
9. Reprezentarea datelor pe hărți de localizare 3D utilizând reprezentări de tip clustering.

1		2	
---	---	---	---



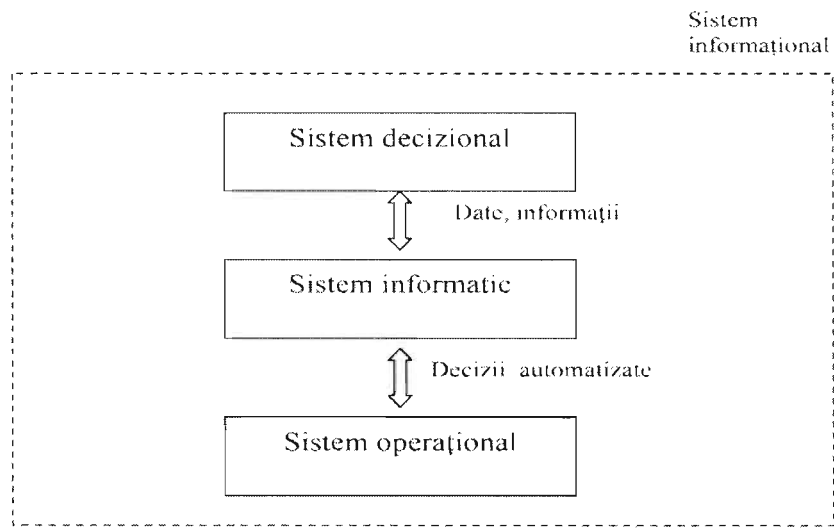


Fig. 1 Arhitectura sistemului informațional conform invenției

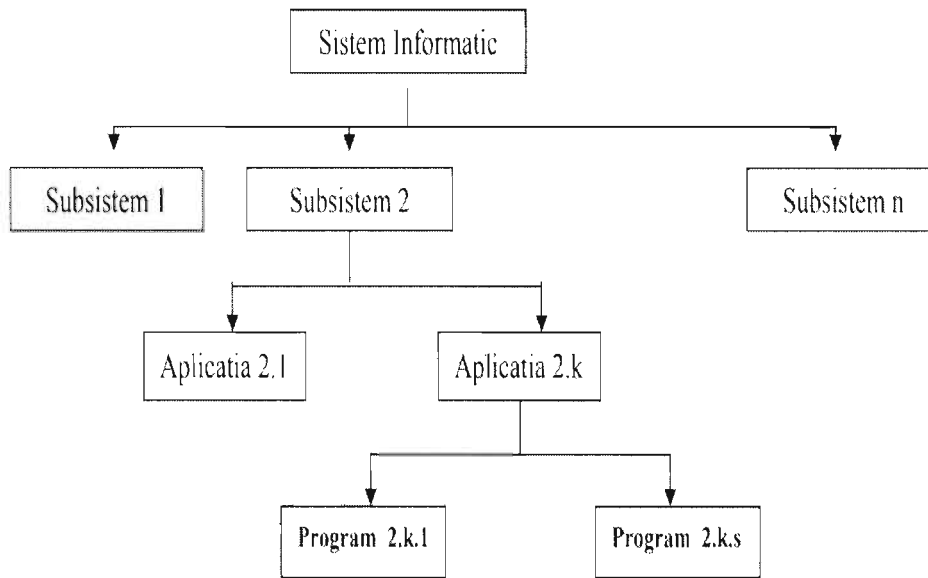


Fig. 2 Arhitectura sistemului informatic conform invenției.

1	2
---	---



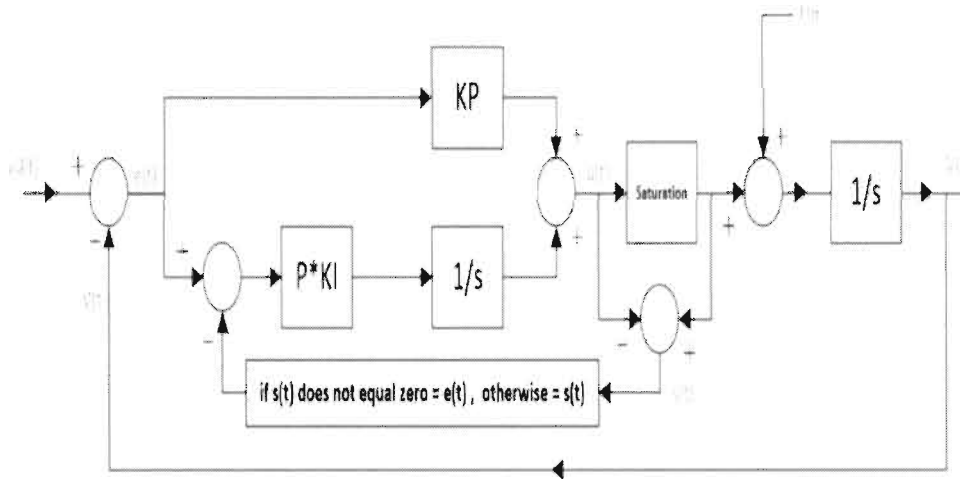


Fig. 3. Modelul matematic pentru determinarea vitezei de împingere al agentului inteligent la instalarea panicii.

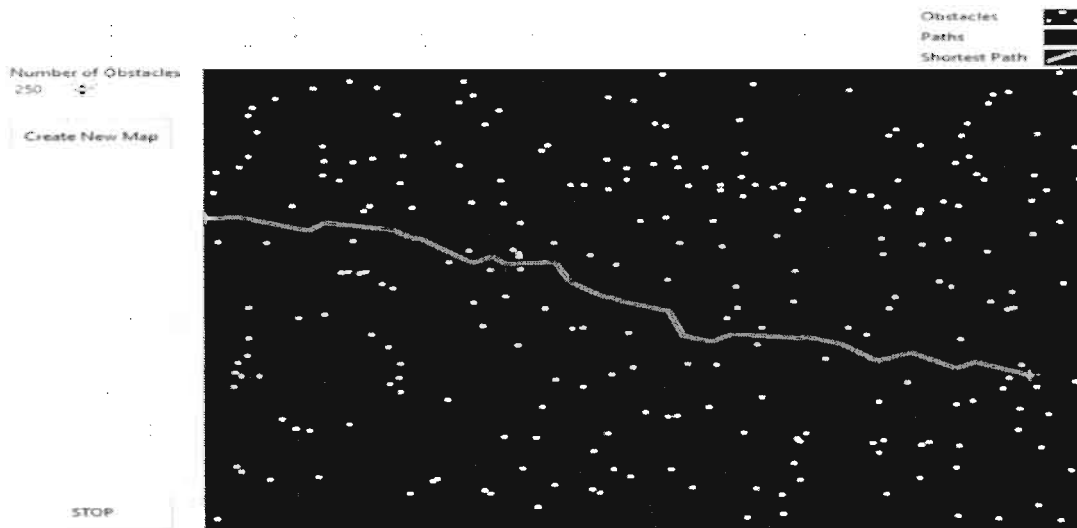


Fig. 4 Determinarea drumului cel mai scurt de evacuare utilizand o harta celulara conform inventiei.

1	2
---	---

