

**CERCETĂRI ȘI SOLUȚII APLICABILE LA DIMINUAREA
UNOR EFECTE DĂUNĂTOARE CONDUCERII
AUTOVEHICULELOR ÎN ANUMITE CONDIȚII
METEOROLOGICE**

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul de doctorat Ingineria Sistemelor

autor ing. Vlad-Ilie UNGUREANU

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Ioan SILEA
luna Mai anul 2024

Cuprins

1. Introducere	3
1.1. Tema, scopul și obiectivele tezei.....	3
1.2. Importanța temei propuse în contextul domeniului automotive.....	4
2. Aspecte fundamentale cu privire la siguranța în trafic	5
2.1. Siguranța în domeniul automotive	5
2.2. Vizibilitatea	6
2.3. Fenomenul de strălucire	6
2.4. Fenomenul de ceață.....	6
2.5. Traiectoria solară.....	6
2.6. Dispozitive de măsurare a distanței în domeniul automotive	7
2.7. Filtre și aspecte fizico-matematice	7
3. Sistem de prevenire a orbirii cauzate de strălucirea solară	8
3.1. Importanță și actualitate	8
3.2. Contextul curent	9
3.3. Parasolarul digital.....	9
3.4. Sisteme de urmărire a poziției soarelui și a ochilor șoferului	10
3.5. Soluții de realizare a parasolarului digital și rezultate obținute	11
4. Creșterea siguranței în trafic bazată pe determinarea distanței.....	12
4.1. Relevanța determinării distanței în domeniul automotive.....	12
4.2. Utilizarea senzorului LIDAR în aplicații de siguranță în trafic	12
4.3. Sistem de relevare a mediului înconjurător unui vehicul autonom bazat pe tehnologia LIDAR	13
4.4. Utilizarea senzorului ultrasonic în aplicații de siguranță în trafic.....	13
4.5. Utilizarea senzorului VCSEL în aplicații de siguranță în trafic.....	14
4.6. Fuziunea senzorilor ultrasonic și VCSEL utilizând filtrul Kalman	14
5. Creșterea siguranței traficului auto în condiții de ceață.....	15
5.1. Metode relevante de îmbunătățire a vizibilității.....	15
5.2. Metode de detectare a ceții și de estimare a vizibilității	15
5.3. Sensori și sisteme pentru detectarea ceții și îmbunătățirea vizibilității	16
5.4. Rezultate obținute.....	17
6. Concluzii	19
Bibliografie selectivă	21

1. Introducere

1.1. Tema, scopul și obiectivele tezei

Tema cercetării prezentate în această lucrare vizează diminuarea, ori chiar combaterea efectelor negative provocate de anumite fenomene meteorologice asupra traficului rutier, accentul fiind pus pe fenomenul de strălucire solară și pe cel de ceață. Cele două fenomene contribuie considerabil la diminuarea vizibilității participanților la trafic. Astfel, eforturile s-au concentrat asupra înțelegerii și analizei impactului strălucirii solare și al ceații asupra omului, în speță al șoferului, dar și asupra senzorilor de percepție (incluzând metodele de prelucrare a informațiilor) cu care este echipat un vehicul modern sau unul autonom în vederea realizării unor mecanisme de prevenție. Aceste sisteme pot fi prezente în autovehicule și/sau pe marginea carosabilului, colectând și procesând date pentru a oferi informații șoferilor sau sistemelor autonome responsabile cu controlul autovehiculului. Tendințele sunt ca aceste sisteme autonome să fie direct montate, implementate și integrate pe mașină, acționând automat pentru a facilita menținerea siguranței în trafic.

Pornind de la analiza statisticilor care evidențiază fenomenele meteorologice care pot fi considerate drept cauză pentru incidentele rutiere, dar și studiind literatura de specialitate din arealul siguranței în domeniul automotive, au fost selectate fenomenele care, deși provoacă numeroase incidente, sunt oarecum neglijate de specialiști. Astfel, teza are drept scop principal elaborarea unor metode moderne de prevenție care să contracareze impactul negativ al fenomenelor de strălucire solară și ceață asupra vizibilității, deci implicit, asupra siguranței în trafic. Astfel se urmărește dezvoltarea unor echipamente cu care poate fi echipată o mașină, capabile să protejeze șoferul, dar și anumiți senzori (sau camere video) de lumina puternică provenită de la soare. Prin rezultatele scontate, nu doar că se asigură o vizibilitate mai bună, ci și confortul ocupanților mașinii este îmbunătățit. Efectul ceații asupra vizibilității poate fi extrem de puțin ameliorat prin diverse tehnologii, de aceea pentru acest caz se urmărește realizarea unui sistem amplasat lângă carosabil, capabil să ofere atât șoferului cât și sistemelor cu care este echipată o mașină, informații cu privire la densitatea ceații dintr-o anumită zonă pe care vehiculul urmează să o parcurgă. În contextul comunicării eficiente vehicul-infrastructură, sistemul poate cere informații de la mașină, pe baza cărora poate oferi chiar și o estimare a vitezei de deplasare recomandate - care asigură menținerea condițiilor de siguranță. Pentru situația în care șoferul sau sistemele de control bazate pe vizibilitate nu reușesc să acționeze suficient de prompt pentru a diminua riscurile aduse de pierderea temporară a vizibilității, s-au analizat sisteme de siguranță bazate pe măsurarea distanței dintre elementele participante la trafic (obstacole aflate pe carosabil, pietoni, alte mașini sau diverse obiecte statice precum stâlpi sau ziduri), fiind studiate în special capacitățile unui nou tip de senzor și fezabilitatea acestuia de a fi utilizat în industria automotive.

Astfel, pornind de la aceste aspecte, s-au stabilit și dezvoltat următoarele obiective:

- (1) Elaborarea principiilor și a soluțiilor de implementare/realizare pentru un model nou de parasolar digital mobil, capabil să contracareze efectele orbirii solare asupra șoferului, sporind atât confortul cât și siguranța participanților la trafic. Concret, se urmărește testarea validității soluției propuse într-un mediu simulat, precum și analiza fezabilității integrării unui astfel de sistem pe un automobil modern, dorindu-se reutilizarea elementelor deja existente pentru a menține costurile de fabricare la un nivel scăzut;
- (2) Analiza performanțelor senzorilor de măsurare a distanței existenți destinați conducerii automobilelor autonome sau efectuării unor manevre asistate de algoritmi mașinii precum: relevarea mediului înconjurător, detecția obstacolelor, detecția autoturismelor care circulă pe o bandă greșită sau realizarea operațiunii de parcare. Cercetările sunt orientate către introducerea de noi tehnologii de măsurare a distanței în domeniul automotive și pe

combaterea eventualelor neajunsuri ale acestora;

- (3) Studiarea metodelor existente în literatură, menite să îmbunătățească vizibilitatea utilizatorului uman, dar și pe cea a sistemelor de percepție ale unui vehicul autonom aflat într-un mediu cu ceață. La acest obiectiv atenția se va concentra pe modul de funcționare al unui prototip realizat în laborator, capabil să ofere o estimare a distanței de vizibilitate pe timp de ceață, prin analiza de imagini. De asemenea, vor fi analizate metode de îmbunătățire a stocării și transmisiei imaginilor în vederea eficientizării procesului de determinare a vizibilității pe timp de ceață.

Fig. 1 ilustrează elementele meteorologice vizate în această lucrare, oferind în același timp și o imagine orientativă asupra posibilelor soluții de prevenție care pot fi aplicate.

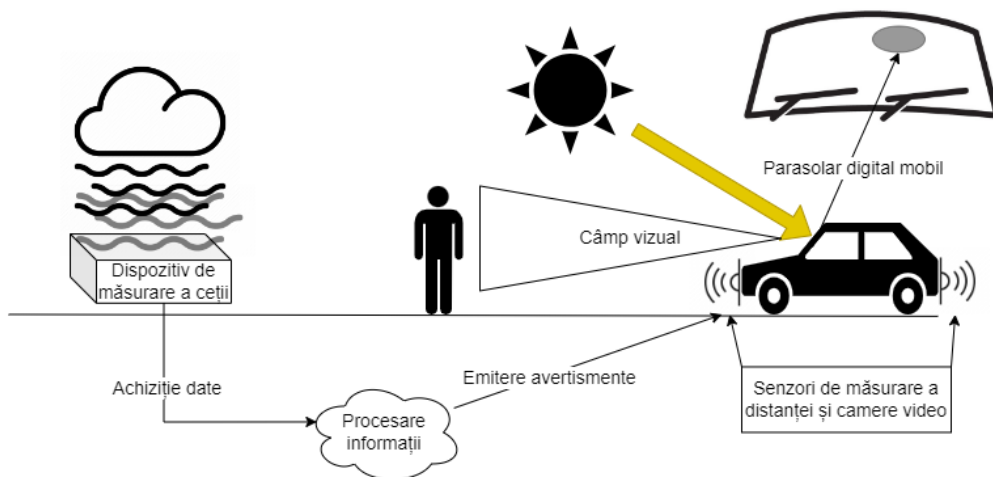


Fig. 1 Prezentarea factorilor meteorologici care afectează vizibilitatea precum și a metodelor de prevenție a incidentelor.

Conform figurii, în teză se abordează sisteme și soluții prezente pe o mașină sau pe marginea carosabilului (fiecare având un scop bine definit și o influență asupra diferitor elemente cauzatoare de incidente), care conlucrează și deservește un scop comun: sporirea siguranței participanților la trafic. Astfel, prin integrarea sistemelor ilustrate, se procesează informații emițându-se avertismente ce pot declanșa mecanisme de prevenție a incidentelor cauzate de deteriorarea vizibilității.

1.2. Importanța temei propuse în contextul domeniului automotive

De-a lungul timpului, transportul rutier s-a dovedit a fi cel mai accesibil mod la care oamenii au recurs atunci când au avut nevoia de a se deplasa sau de a transporta mărfuri. Astfel, numărul automobilelor a crescut, fie că este vorba de autovehicule personale, de motociclete, autobuze sau autocamioane. Din cauză că, de cele mai multe ori, dezvoltarea infrastructurii rutiere nu poate ține pasul cu numărul mare de participanți la trafic și, în niciun caz, nu poate suplini neatenția caracteristic umană, riscul de accidente se află în creștere. Astfel unul dintre principalele țeluri ale producătorilor de vehicule din întreaga lume a devenit crearea de sisteme care să contribuie la atenuarea riscurilor de coliziune între participanții la trafic. Când vine vorba de sistemele de siguranță auto, toate mașinile de pe drum trebuie să îndeplinească anumite standarde de siguranță menite să protejeze șoferii, pasagerii, pietonii și, mai nou, mediul. În plus, siguranța auto se referă și la studiul proiectării și construcției echipamentelor precum și la studiul reglementărilor aplicabile menite să minimizeze apariția și consecințele accidentelor auto. Dacă anumite elemente provocatoare de accidente pot fi controlate și limitate, precum viteza sporită sau calitatea suprafeței de rulare, fenomenele meteorologice se află în afara capacităților umane de control. Astfel, un autovehicul modern trebuie echipat cu

diverse soluții active sau pasive care să contribuie la diminuarea efectelor negative produse de fenomene precum: ploaia, ninsoarea, ceața, strălucirea solară, etc. Unul dintre factorii cheie, când vine vorba de evitarea coliziunilor, este vizibilitatea. Astfel, sistemele de protecție și prevenție cu care este echipată mașina trebuie să se asigure că șoferul beneficiază de o vizibilitate suficientă pentru a conduce în condiții de siguranță și pentru a fi pregătit să acționeze corespunzător cu scopul de a evita orice tip de incident.

Sistemele care asigură sau estimează vizibilitatea se pot afla fie la bordul mașinii fie pe marginea drumului. Instrumentele din prima categorie pot acționa direct asupra șoferului sau mașinii pentru a-și îndeplini scopul (de exemplu prin frânarea automată), pe când, sistemele din a doua categorie pot fi folosite în principal drept metodă de prevenție. Astfel utilizatorul poate fi informat prin o comunicare de tipul infrastructură-vehicul, despre condițiile de vizibilitate. Desigur, atunci când metodele de asigurare a vizibilității nu sunt suficiente, alte elemente de siguranță activă, de cele mai multe ori, bazate pe măsurarea distanței până la un obstacol anume, vor interveni pentru a evita posibilele daune. Multe tehnologii utilizate în sectorul auto, în special cele care au drept scop îmbunătățirea siguranței și confortului pasagerilor, se bazează pe operațiuni de măsurare a distanței. Tehnologii precum sisteme de navigație adaptive, sisteme de frânare automată, sisteme de detectare a obstacolelor și sisteme de asistență la manevra de parcare se bazează pe procese de măsurare a distanței. Pe măsură ce sistemele avansate de asistență a șoferului devin din ce în ce mai răspândite în vehiculele obișnuite, producătorii de automobile au început să combine camerele video cu alte tipuri de senzori, cum ar fi ultrasunetele, radar și, mai recent, LIDAR (Light Detection And Ranging). Dar piața nu se rezumă la acești senzori, fiind mereu loc pentru tehnologii neexplorate în domeniul automotive precum tehnologia VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser).

2. Aspecte fundamentale cu privire la siguranța în trafic

Siguranța în domeniul automotive reprezintă un aspect cheie în ceea ce privește cercetarea și inovațiile din industrie. În capitolul curent, se prezintă noțiuni, principii, unele teorii și ecuații care stau la baza cercetării în problematica temei lucrării, acestea fiind evidențiate, sintetizate și explicate.

2.1. Siguranța în domeniul automotive

Făcând referire doar la sistemele de siguranță din domeniul automotive, orice autoturism care se află în circulație pe drumurile publice trebuie să îndeplinească anumite norme de siguranță, menite să protejeze șoferul, pasagerii dar și pietonii. De altfel, siguranța în automotive se referă la studiul designului, construcției, echipamentelor și reglementărilor aflate în vigoare, urmărind minimizarea apariției și a consecințelor coliziunilor în care sunt implicate autovehicule. Siguranța în trafic include și facilitățile infrastructurii rutiere. Având în vedere contextul actual din industria automotive, în care poate fi observat un trend către vehiculele autonome, siguranța în trafic reprezintă un punct extrem de important pentru întreaga industrie din acest domeniu. În contextul realizării siguranței automotive, se pot distinge două categorii de sisteme: cele destinate siguranței active și cele pentru siguranță pasivă.

Sistemele de siguranță active se referă la mijloacele complexe care asistă șoferul cu scopul de a preveni accidentele. Printre astfel de sisteme, care intervin direct pentru a evita o coliziune, oferind șoferului un control sporit asupra autovehiculului, se regăsesc: sisteme de asistență la frânare, sisteme adaptive de navigație, sisteme de detectare a obstacolelor, etc.

Sistemele de siguranță pasive implementează acele soluții tehnice care au rolul de a proteja șoferul, pasagerii, dar și pietonii în cazul unei coliziuni. Astfel de sisteme intervin atunci când incidentul nu a putut fi evitat folosind elementele active prezente în dotarea autovehiculului și reprezintă un mecanism de protecție crescută în cazul unui accident. Câteva

sisteme de siguranță pasive sunt: centurile de siguranță, airbag-urile, tetierele, etc.

2.2. Vizibilitatea

Conform DEX [1], vizibilitatea reprezintă “distanța până la care poate fi văzut cu ochiul liber un obiect în condiții atmosferice date; stare de claritate a atmosferei, care determină această distanță”. Așadar, vizibilitatea, este exprimată drept o distanță, la care un obiect poate fi deslușit în mod clar, fiind dependentă de condițiile mediului înconjurător. În meteorologie, vizibilitatea, depinde de transparența aerului înconjurător dar este afectată de mulți alți factori externi fiind este exprimată în metrii sau mile (în funcție de țară). Cu certitudine, vizibilitatea, afectează toate formele de trafic existente: aviație (prin aer), navigație (pe apă) sau terestru (pe drumuri). Curbura pământului, nivelul ochilor, altitudinea obiectului privit, diverse obstacole precum și condițiile meteorologice limitează gama geometrică de vizibilitate.

Potrivit [2], factorii principali care afectează vizibilitatea sunt: condițiile de mediu (poluarea aerului, umiditatea ridicată, ceața, fumul, ploile abundente, nisipul suflat de vânt, viscolul, burnița, zăpada, sau lumina puternică a soarelui ori a farurilor), obiectul care este observat (dimensiunile, forma și culoarea acestuia, mișcările pe care acesta le efectuează), starea observatorului (dioptria sau gradul de adaptare al ochiului la mediul în care se află), dar și fundalul obiectului observat (contrastul dintre obiectul observat și fundalul acestuia).

2.3. Fenomenul de strălucire

Fenomenul de strălucire poate fi exprimat drept dificultatea de a vedea în prezența unei lumini puternice, cum ar fi lumina directă sau reflectată a soarelui (în special în cazul în care carosabilul este ud), sau a luminii artificiale, cum ar fi farurile auto pe timp de noapte. Din acest motiv, unele mașini sunt echipate cu oglinzi cu funcții automate anti-orbire, iar în clădiri, jaluzelele sunt adesea folosite pentru a proteja ocupanții. Strălucirea este cauzată de un raport semnificativ de luminanță între obiectiv și sursa de strălucire. Factori ca unghiul dintre obiectiv și sursa de strălucire precum și adaptarea ochilor au un impact semnificativ asupra orbirii temporare cauzată de strălucire. Strălucirea poate fi divizată în două categorii [3]: strălucirea cauzatoare de disconfort (definită ca fiind o senzație psihologică provocată de intensitatea ridicată a luminii în câmpul vizual al observatorului și nu afectează neapărat vederea) și strălucirea cauzatoare de dizabilități (afectează temporar vederea fără a provoca neapărat senzația de disconfort).

2.4. Fenomenul de ceață

Conform [4], ceața este un aerosol vizibil format din mici particule de apă sau cristale de gheață suspendate în aer la o distanță mică de suprafața pământului. Ceața poate fi considerată drept un tip de nor cu altitudine mică, fiind puternic influențată de corpurile de apă aflate în apropiere (lacuri, mări, oceane, mlaștini sau terenuri umede) sau de viteza și direcția vântului. Simplificat, ceața se formează, atunci când vaporii de apă se condensează. În timpul condensării, moleculele de vaporii de apă se combină pentru a forma mici picături de apă lichidă suspendate în aer. Ceața influențează activitatea umană, în principal prin faptul că reduce vizibilitatea, astfel toate metodele de transport precum și siguranța acestora este afectată negativ. Prin definiție, ceața reduce vizibilitatea la mai puțin de un kilometru. Grosimea unui strat de ceață este determinată în mare măsură de altitudine și de presiunea atmosferică.

2.5. Traiectoria solară

Conform Notelor de Astronomie ale lui Schombert Mueller specificate în [5]: ”Sistemul de coordonate orizontale (denumit în mod obișnuit sistemul alt-az) este cel mai simplu sistem de coordonate, deoarece se bazează pe orizontul observatorului”. Unghiul de azimut solar este o modalitate de a identifica poziția soarelui pe cer, aceasta definește poziția orizontală a soarelui pe orizontul local. Atunci când este vizată poziția solară, direcția de referință este

nordul. Astfel, unghiul de azimut este unghiul dintre nord și soare pe orizontul local cu observatorul. Azimutul indică coordonatele orizontale ale soarelui, în timp ce elevația indică coordonatele verticale. Așadar, unghiul de elevație oferă informații legate de altitudinea soarelui pe cer. Sistemul de coordonate altitudine-azimut este prezentat în Fig. 2.

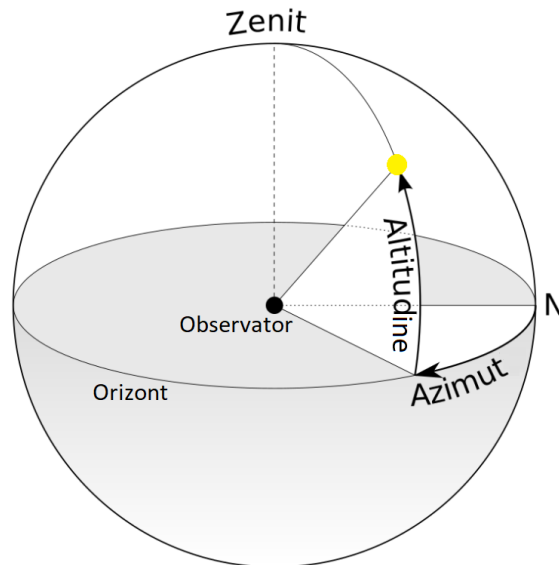


Fig. 2 Unghiul de azimut solar și unghiul de elevație solară pentru un observator orientat către nord.

2.6. Dispozitive de măsurare a distanței în domeniul automotive

Măsurarea distanței în domeniul automotive este absolut esențială. Sistemele de detectare și evitare a coliziunilor, sistemele adaptive de navigație, sistemele de frânare automată, sistemele de detectare a obstacolelor precum și sistemele de asistență în timpul efectuării unor manevre (de exemplu, sisteme de parcare asistată) se bazează pe efectuarea unor măsurători a distanței. Astfel, o arie largă a tehnologiilor care sporesc siguranța în trafic sunt dependente de anumiți senzori capabil de a obține distanța până la un punct de interes. În ceea ce privește senzorii utilizați pentru a măsura distanța putem aminti: senzor ultrasonic, senzor IR (InfraRed), senzor LIDAR, senzor VCSEL, senzor LED TOF (Light-Emitting Diode Time Of Flight) sau radar. Acești senzori funcționează în principal prin emiterea unui semnal (tipul semnalului diferă de la o tehnologie la alta) și măsurarea acestuia atunci când revine. În funcție de modificările survenite semnalului inițial se determină distanța. Modificarea măsurată poate fi sub formă de: timpul necesar pentru ca un semnal să revină, intensitatea unui semnal modificat sau schimbarea de fază a semnalului revenit față de cel inițial.

2.7. Filtre și aspecte fizico-matematice

În statistică, efectuarea măsurătorilor, procesarea imaginilor și a semnalelor, a netezii un set de date înseamnă a crea o funcție de aproximare care încearcă să capteze modele importante provenite din date, filtrând în același timp zgomotul, alte structuri la scară fină sau fenomene rapide. La netezire, punctele de date ale unui semnal sunt modificate astfel încât punctele individuale mai înalte decât punctele adiacente (probabil din cauza zgomotului) sunt reduse, iar punctele care sunt mai jos decât punctele adiacente sunt mărite, ceea ce duce la un semnal mai fluid. Netezirea poate fi utilizată în două moduri importante care pot ajuta la analiza datelor: prin posibilitatea de a extrage mai multe informații din date, atâta timp cât ipoteza de netezire este rezonabilă sau prin posibilitatea de a oferi analize care sunt atât flexibile cât și robuste [6]. În netezire sunt utilizați mulți algoritmi diferiți în funcție de resursele disponibile, complexitatea maximă permisă, etc. Metodele de netezire au adesea un parametru de reglare asociat care este utilizat pentru a controla gradul de netezire. Pe parcursul lucrării au fost

utilizate filtrele: Moving Average, Savitzky–Golay sau Kalman.

În evaluarea rezultatelor din prezenta lucrare a fost utilizată eroarea procentuală medie absolută (MAPE). Acesta a fost folosită pentru a oferi o imagine de ansamblu asupra erorilor dintre distanțele măsurate și cele prezise, oferind o măsură bună pentru a analiza calitatea rezultatelor obținute.

3. Sistem de prevenire a orbirii cauzate de strălucirea solară

Capitolul trei se axează pe analiza și combaterea orbirii cauzate de strălucirea solară prin realizarea unui parasolar mobil digital [7].

3.1. Importanță și actualitate

De-a lungul timpului au apărut diverse sisteme care sporesc siguranța și reduc riscul de accidente. O bună parte dintre aceste soluții se concentrează pe combaterea și minimizarea efectelor negative cauzate de fenomenele meteorologice nefavorabile. Deși este un fenomen care potrivit statisticilor [8] provoacă mai multe coliziuni rutiere decât ploaia, ceața și ninsoarea la un loc, orbirea provocată de lumina solară nu a primit multă atenție în literatură și în industrie. Din acest motiv, soluțiile existente sunt învechite, precare, nefiabile și nesigure.

În acest capitol se prezintă pe larg aspectele teoretice, arhitectura, designul, metodele posibile de implementare și testare ale unui sistem de siguranță anti-orbire solară prezentat ca fiind un parasolar digital mobil (un exemplu grafic fiind prezentat în Fig. 3). Așadar, s-a urmărit înlocuirea parasolarului clasic cu unul digital, utilizând cât mai multe dintre sistemele și componentele deja aflate în interiorul unui autovehicul. Astfel, sistemul propus este capabil să achiziționeze informații cu privire la poziția soarelui, intensitatea luminii și poziția ochilor șoferului pentru a determina unde anume pe parbrizul mașinii trebuie realizat parasolarul digital. După ce a fost stabilit punctul central al parasolarului, se pot lua decizii cu privire la forma acestuia, transparența, etc. De asemenea, rentabilitatea unui astfel de sistem nu a fost trecută cu vederea. Din acest motiv s-au analizat diferite soluții hardware și software pentru a minimiza costurile de implementare. Pe parcursul capitolului, se prezintă procesul de calcul matematic utilizat pentru a determina poziția pe parbriz a parasolarului propus, precum și rezultatele simulărilor realizate pentru a testa corectitudinea soluției. Întregul proces de calcul matematic a fost implementat utilizând mediul MATLAB, în care au fost realizate și diferite scenarii de testare. Diverse subcomponente ale sistemului necesare simulării parasolarului digital, precum determinarea poziției soarelui, intensității luminii sau poziției șoferului, au fost realizate și testate modular, utilizând componentele hardware și software aflate la dispoziție.

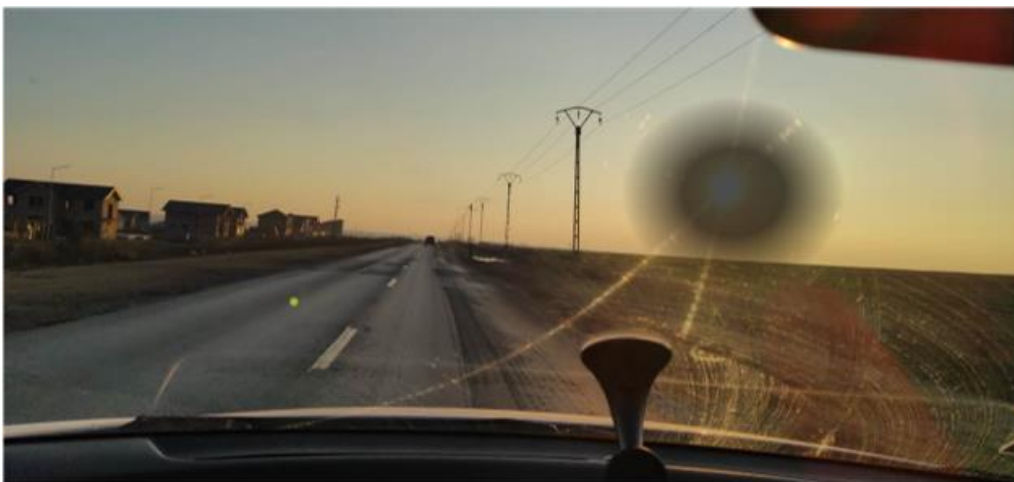


Fig. 3 Aplicarea parasolarului într-un caz în care șoferul este afectat de strălucirea solară.

3.2. Contextul curent

Un fenomen meteorologic neglijat este strălucirea, aceasta putând fi cauzată de mai multe surse, în funcție de ora din zi. În timpul nopții, strălucirea poate fi cauzată de farurile vehiculelor care vin din sens opus. Această problemă poate fi rezolvată prin îmbunătățirea tehnologiilor utilizate pentru fabricarea farurilor. Prin urmare, folosind tehnologii LED și laser, combinate cu tehnologii de auto-dimming sau auto-reglare și temperatura corespunzătoare a culorii luminii, strălucirea cauzată de faruri poate fi redusă. În timpul zilei, strălucirea este cauzată de soare care poate orbi temporar șoferul, crescând astfel riscul de accidente. Până în prezent, nu există multe soluții la problema strălucirii. Parasolarul manual este încă folosit pe scară largă, dar are dezavantaje majore. În primul rând, trebuie să fie acționat manual de către șofer. Faptul că șoferul trebuie să poziționeze parasolarul combinat cu orbirea cauzată de soare poate duce la pierderea atenției și prin urmare la producerea unui accident. Ca alternativă, poate fi utilizat un parasolar acționat de un servomotor [9] care, pe baza unui senzor de lumină, decide dacă deschide sau închide clapeta. Desigur, o astfel de abordare poate părea oarecum învechită având în vedere restul tehnologiilor folosite în vehicul. În al doilea rând, întregul parbriz nu este acoperit de parasolarele clasice. În al treilea rând, parasolarul clasic este în totalitate opac, obturând vizibilitatea șoferului.

Multiple companii precum Bosch sau Continental Automotive au început dezvoltarea unor prototipuri de parasolare sau de sticlă inteligentă [10] care își poate modifica transparența. Deficiența acestora fiind faptul că, în continuare, acoperă doar o zonă limitată a parbrizului.

3.3. Parasolarul digital

Parasolarul mobil digital are potențialul de a proteja șoferul autovehiculului împotriva a trei tipuri de surse de strălucire: strălucirea provenită de la farurile altor mașini care vin din contrasens (în timpul nopții) (Fig. 4 a), strălucirea provenită direct de la razele de soare (Fig. 4 b) și strălucirea provenită din reflexia razelor solare (de exemplu atunci când carosabilul este umed) (Fig. 4 c).

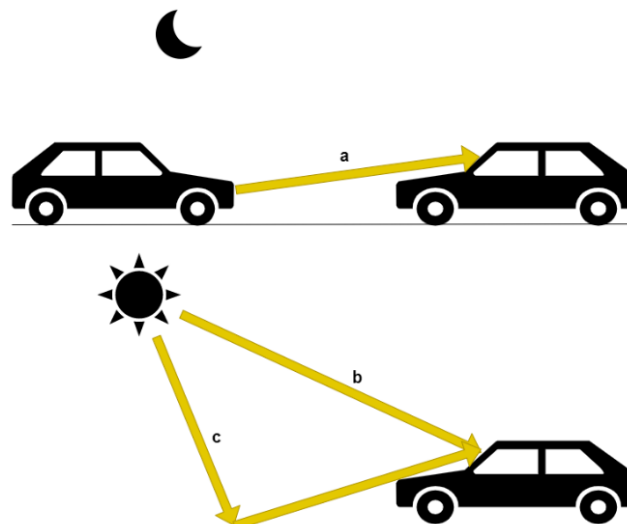


Fig. 4 Tipuri de surse de strălucire: a - farurile altor mașini care vin din contrasens în timpul nopții; b - razele de soare directe; c - reflexia razelor solare.

Deoarece cazul (a) deja dispune de diverse soluții existente pe piață (autoreglarea fasciculului luminos, diminuarea acestuia, comutarea automată a luminii de drum sau de întâlnire atunci când se detectează o mașină care vine din contrasens) iar cazul (c) este o situație extrem de specifică, atenția s-a concentrat asupra cazului (b). Cu toate acestea, cele două situații nu au fost complet neglijate, fiind analizate scenariile în care parasolarul digital ar putea avea

beneficii și ar putea crește siguranța în trafic.

Pentru razele solare directe drept sursă de strălucire, componentele întregului sistem digital de parasolar propus sunt prezentate pe scurt (în mod grafic) în Fig. 5.

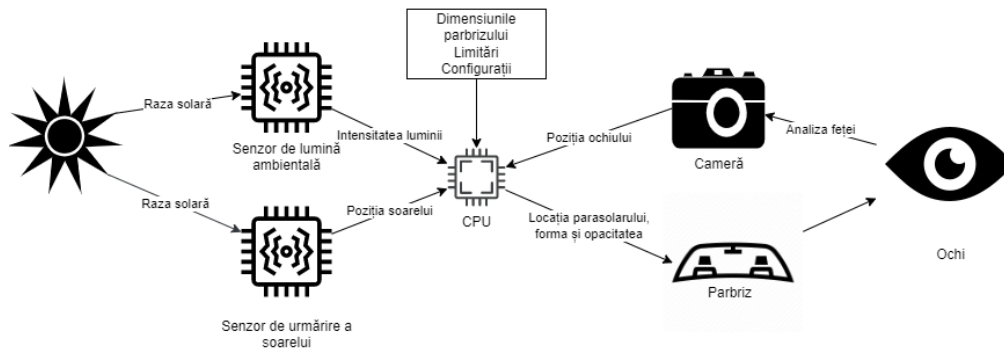


Fig. 5 Imagine de ansamblu asupra componentelor necesare pentru a realiza parasolarul digital.

O diagramă bloc care descrie sistemul cu buclă de feedback închisă, alături de componentele sale principale, este prezentată în Fig. 6. Astfel, sunt evidențiate și variabilele de intrare și ieșire, corelațiile funcționale și modul în care este creată noua poziție a centrului punctului întunecat. Ciclicitatea propusă a sistemului este de o secundă, prin urmare, în fiecare secundă, senzorii vor măsura poziția soarelui și intensitatea luminii. Informațiile furnizate, alături de limitările predefinite, vor servi ca variabile de intrare pentru faza în care este calculat centrul punctului întunecat. După localizarea noului punct, se ia decizia de a muta întreaga zonă mai întunecată pe parbriz dacă se depășește un prag de un centimetru. Adică, dacă distanța dintre centrul anterior și cel nou depășește pragul definit, noi instrucțiuni vor fi generate și furnizate driverului, ținând cont de forma și dimensiunea predefinită a zonei întunecate. Din acest moment, instrucțiunile vor fi transmise către sticla inteligentă și va fi creat parasolarul digital. Cel mai probabil, centrul zonei va fi cel mai întunecat punct urmând ca transparența să crească spre limite. Coordonatele calculate anterior vor servi ca feedback și întregul proces se va repeta atâta timp cât este nevoie de parasolarul digital.

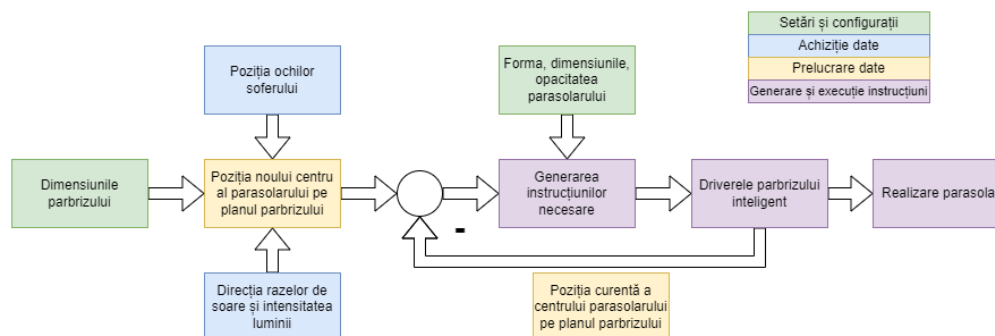


Fig. 6 Schema bloc a parasolarului digital mobil propus.

3.4. Sisteme de urmărire a poziției soarelui și a ochilor șoferului

Un senzor de poziție a soarelui este un dispozitiv care detectează direcția soarelui în raport cu poziția sa. O varietate de senzori de poziție a soarelui au fost proiectați și îmbunătățiți în ultimii ani. Este evident că modelele, materialele și dimensiunile folosite depind de aplicațiile solare în care vor fi utilizați senzorii. Cea mai generală clasificare a senzorilor de poziție a soarelui se bazează pe tipul de senzori, tipul de semnale, transmisia de date și direcția de urmărire solară. Senzorii de urmărire a poziției soarelui sunt folosiți în aplicații și tehnologii care fac referire la modulele fotovoltaice, sateliți, colectoare solare, etc. În alegerea unui senzor

se iau în considerare avantajele oferite precum și limitările de design. Astfel se consideră: acuratețea, erorile de urmărire solară, proprietățile dorite, câmpul vizual (FOV – Field Of View), comercializarea produsului precum și evaluarea parametrilor exteriori (factorii climatici) care afectează performanța senzorilor. Tipul de senzori se referă la toate aspectele fizice și de funcționare ale senzorilor de poziție a soarelui, adică designul geometric, principiul de funcționare (cum măsoară senzorul poziția soarelui), performanța și eficiența acestora.

Poziția soarelui poate fi obținută prin utilizarea unei componente hardware dedicate (de exemplu senzorul ISS-DX [11] Fig. 7 a) sau unui program software specializat (Fig. 7 b).

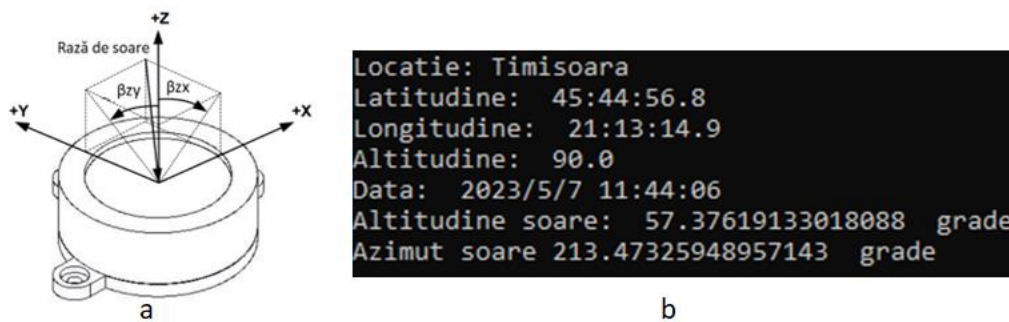


Fig. 7 Aflarea poziției soarelui: a - hardware; b - software.

Pentru a afla poziția ochilor șoferului, s-a realizat un studiu bibliografic al cercetărilor existente și al pieței, problema fiind deja rezolvată de sisteme bazate pe camere video precum Smart Eye [12] sau diverse biblioteci python.

3.5. Soluții de realizare a parasolarului digital și rezultate obținute

Datele furnizate de senzorul de urmărire a soarelui și de cameră sunt folosite pentru a determina locația punctului de pe parbriz unde ar trebui să fie creată pata întunecată. Opacitatea spotului poate fi determinată pe baza informațiilor furnizate de senzorul de intensitate luminoasă (senzorul de lumină ambientală). Sursa de lumină este reprezentată de soare, astfel este necesară determinarea poziției sursei relativ la un punct cunoscut din interiorul mașinii. Direcția razelor solare poate fi obținută utilizând senzori dedicați, camere video sau un software specializat. Pentru a determina poziția ochilor șoferului se utilizează camera. Având coordonatele spațiale ale sursei de lumină (soarele) cât și ale ochilor, raportate la aceeași referință, se poate lua decizia unde anume pe parbriz să se realizeze parasolarul utilizând ecrane încorporate sau sticlă inteligentă [10]. Chiar dacă tehnologia Head-up Display (HUD) poate fi considerată ca fiind încă în faza inițială de dezvoltare, se dovedește a fi de interes pentru marii producători, fiind deja prezentate prototipuri de displayuri transparente.

Disponând de toate componentele necesare care oferă informații privind poziția șoferului și poziția soarelui față de un punct de referință, problema aflării centrului parasolarului se rezumă la rezolvarea unui sistem geometric în spațiu. Capitolul descrie cu lux de amănunte modelarea matematică a parasolarului digital, fiind prezentate ecuațiile pe baza cărora se poate determina locația parasolarului pe parbriz. Sistemul de ecuații obținut a fost validat prin efectuarea unor simulări în MATLAB.

Drept prim pas al procesului de implementare a fost preferată o simulare pentru a testa și confirma partea teoretică precum și ecuațiile enunțate. Au fost create mai multe scripturi pentru a acoperi cazurile de utilizare atunci când poziția șoferului este fixă, iar poziția soarelui este mobilă și invers. Cel mai complex scenariu, acela în care atât șoferul cât și soarele au o poziție variabilă, este evidențiat în Fig.8. Razele provenite de la soare, care orbesc șoferul, sunt desenate cu mov, în partea din dreapta a imaginii fiind evidențiate cu verde punctele de intersecție ale razei solare cu parbrizul, adică centrul parasolarului mobil digital. Ochii șoferului sunt reprezentați de un cerculeț. De asemenea în figură a fost reprezentat și planul

parbrizului. Având la dispoziție coordonatele centrului parasolarului, acesta poate fi desenat, forma, dimensiunea și transparența acestuia fiind complet configurabile prin software.

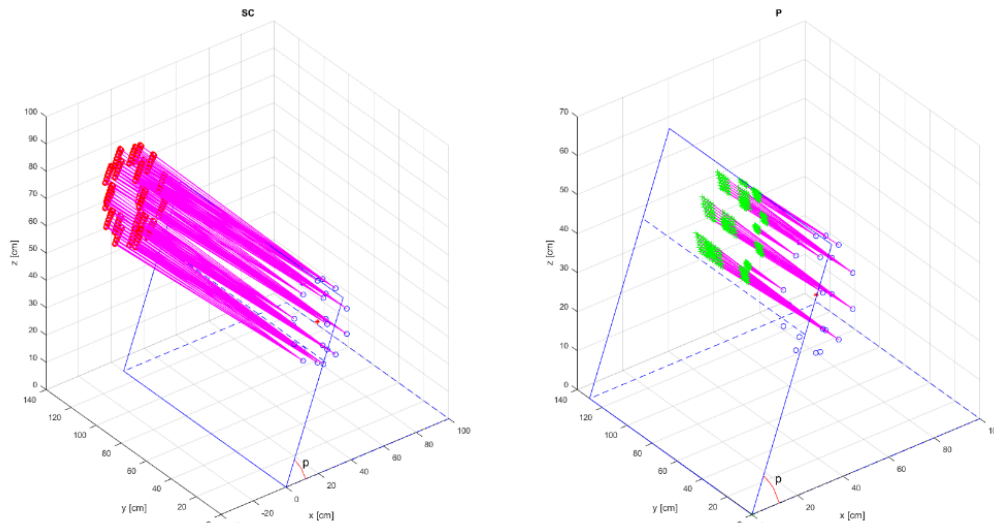


Fig. 8 Scenariu de testare a modelului parasolarului digital.

Astfel, în acest capitol, s-au pus bazele unui sistem de prevenție a orbirii cauzate de soare, bazat pe utilizarea a cât mai multor elemente existente într-o mașină modernă.

4. Creșterea siguranței în trafic bazată pe determinarea distanței

Capitolul 4 abordează soluții de creștere a siguranței în trafic bazate pe determinarea distanței dintre vehicul și elementele mediului înconjurător (obstacole aflate pe carosabil, pietoni, alte mașini sau diverse obiecte statice precum stâlpi sau ziduri).

4.1. Relevanța determinării distanței în domeniul automotive

Numeroase tehnologii utilizate în domeniul automotive, în special pentru a spori siguranța și confortul pasagerilor, au la bază operația de măsurare a distanței. Astfel de tehnologii precum: sistemele adaptive de navigație, sistemele de frânare automată, sistemele de detecție a obstacolelor sau sistemele de asistență în timpul efectuării manevrelor de parcare [13], [14], sunt dependente de o metodă de măsurare a distanței. Pe măsură ce sistemele ADAS (Advanced Driver Assist Systems) au devenit omniprezente pe vehiculele obișnuite, producătorii de automobile au început să utilizeze camere video în combinație cu alte tipuri de senzori, inclusiv cu ultrasunete, radar și cel mai recent, LIDAR. Senzorii radar, LIDAR și ultrasonici sunt toți senzori activi, care trimit un semnal și caută o reflexie de la alte obiecte pentru a determina cât de departe acestea se află. Prin analiza fenomenelor și a duratei propagării semnalului, fie că este un impuls laser, o undă radio sau un sunet, este posibil să se măsoare cu precizie distanța până la obiectul reflectant. Senzorii pasivi ai camerelor captează doar lumina ambientală reflectată de obiecte, fără a ști unde se află sursa. Acea lumină este captată de un senzor de imagine bidimensional. Majoritatea vehiculelor au, fie o singură cameră orientată spre înainte, fie mai multe camere grupate, cu distanțe focale diferite.

4.2. Utilizarea senzorului LIDAR în aplicații de siguranță în trafic

Tehnologia LIDAR este o metodă de determinare a intervalelor prin țintirea unui obiect sau a unei suprafețe cu un fascicul laser și măsurarea timpului pentru ca unda reflectată să revină la receptor. LIDAR are aplicații terestre, aeriene, maritime, atât staționare cât și mobile. Tehnologia LIDAR este folosită în mod obișnuit pentru a realiza hărți de înaltă rezoluție, cu aplicații în topografie, geodezie, geomantică, arheologie, geografie, geologie, geomorfologie,

seismologie, silvicultură, fizica atmosferică, ghidare cu laser, cartografiere cu laser în aer și altimetrie laser. Este folosită pentru a realiza reprezentări digitale 3D ale zonelor de pe suprafața pământului și de pe fundul oceanului din apropierea zonei de coastă sau din zona în care oceanul se întâlnește cu pământul între flux și reflux. De asemenea, a fost folosit din ce în ce mai mult în sisteme de control și navigație pentru mașinile autonome [15] și pentru elicoptere sau drone ghidate. Un senzor, funcție de principiul de funcționare pe care este construit, poate determina distanța după două metode. Prima metodă se bazează pe măsurarea timpului de propagare a semnalului de la emițător la receptor. A doua metodă se bazează pe determinarea defazajului dintre semnalul emis și cel reflectat.

4.3. Sistem de relevare a mediului înconjurător unui vehicul autonom bazat pe tehnologia LIDAR

În primă fază se urmărește realizarea unui sistem complex și complet automat de relevare a mediului înconjurător (depozite, camerele unei clădiri, diverse spații închise), menit să asiste la navigarea roboților automați sau a mijloacelor autonome de transport din fabrici sau parcuri. Necesitatea acestei cercetări fiind motivată de apariția și creșterea intensă a pieței de automobile inteligente care a dus la punerea în funcțiune a unor vehicule autonome destinate transportului intern, în depozite sau companii, pentru mărfuri ori persoane. În acest context, s-a înregistrat o cerere crescută de soluții cu costuri reduse privind navigarea și cartografierea mediului prin care se deplasează vehiculul. Pentru orice tip de transport autonom, făcând referire inclusiv la roboții care transportă marfă în depozite sau spitale, percepția față de mediul înconjurător este esențială, acest lucru fiind realizat prin utilizarea senzorilor de măsurare a distanței și a camerelor video. Siguranța în trafic pentru vehiculele autonome care transportă persoane pe o rută prestabilită poate fi îmbunătățită dacă există hărți preconstruite. Astfel, prin măsurători și comparații cu indicațiile hărții, pot fi evidențiate funcționarea corectă a "conducerii autonome" și sesizarea eventualelor noi obstacole. Acest sistem [16] a fost realizat prin utilizarea tehnologiei LIDAR. Pentru a testa algoritmi de cartografiere cu ajutorul platformei robotizate autonome, au fost realizate diferite contururi, evidențiate în Fig. 9, unde s-a prezentat și ruta pe care robotul a decis să o urmeze.

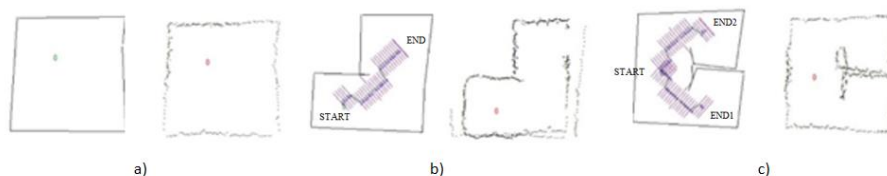


Fig. 9 Scenarii de testare a sistemului de cartografiere bazat pe senzorul LIDAR.

4.4. Utilizarea senzorului ultrasonic în aplicații de siguranță în trafic

Un senzor ultrasonic este un dispozitiv electronic care măsoară distanța unui obiect țintă prin emiterea de unde sonore ultrasonice iar mai apoi transformă sunetul reflectat într-un semnal electric. Undele ultrasonice se deplasează mai repede decât viteza sunetului audibil (adică sunetul pe care oamenii îl pot auzi), frecvențele utilizate fiind de peste 20 kHz. Senzorii cu ultrasunete au două componente principale: emițătorul (care emite sunetul folosind cristale piezoelectrice) și receptorul (care întâlnește sunetul după ce acesta a călătorit către și de la țintă). Principalul dezavantaj în utilizarea acestor senzori este dat de viteza sunetului folosită în procesul de măsurare și variația acesteia cu temperatura și umiditatea. Fără a face o compensare, cel puțin pentru temperatură, măsurarea va fi incorectă. Prin urmare, este posibil ca o soluție autonomă de măsurare numai cu ultrasunete să nu poată produce performanța dorită pentru anumite aplicații.

4.5. Utilizarea sensorului VCSEL în aplicații de siguranță în trafic

Deoarece senzorii LIDAR sunt costisitori, s-au căutat alternative ieftine pentru realizarea măsurătorilor de distanță dintre două elemente. Astfel, în continuare se urmărește determinarea viabilității senzorilor TOF (Time Of Flight) bazați pe tehnologia VCSEL de a furniza măsurători de distanță care pot fi utilizate pentru aplicații auto, în principal în scopul ghidării unui șofer sau a vehiculului în timpul procesului de parcare. Doi senzori bazați pe VCSEL (unul pentru rază redusă, celălalt pentru rază crescută) au fost testați pentru a determina acuratețea măsurătorilor în condiții similare cu lumea reală [17]. Soluțiile de filtrare și netezire (Moving Average Filter - MAF [18], Filtrul Savitzky–Golay [19], Filtrul Kalman [20]) aplicate sunt de asemenea prezentate și comparate împreună cu o propunere de integrare pentru acest tip de tehnologie în sectorul auto. Rezultatele măsurătorilor și performanțele senzorilor VCSEL sunt validate prin compararea cu alți senzori deja consacrați și utilizați pe scară largă în domeniul automotive.

Principalul dezavantaj al tehnologiei VCSEL este reprezentat de influența puternică pe care o are lumina asupra rezultatelor obținute, fapt evidențiat în Fig. 10.

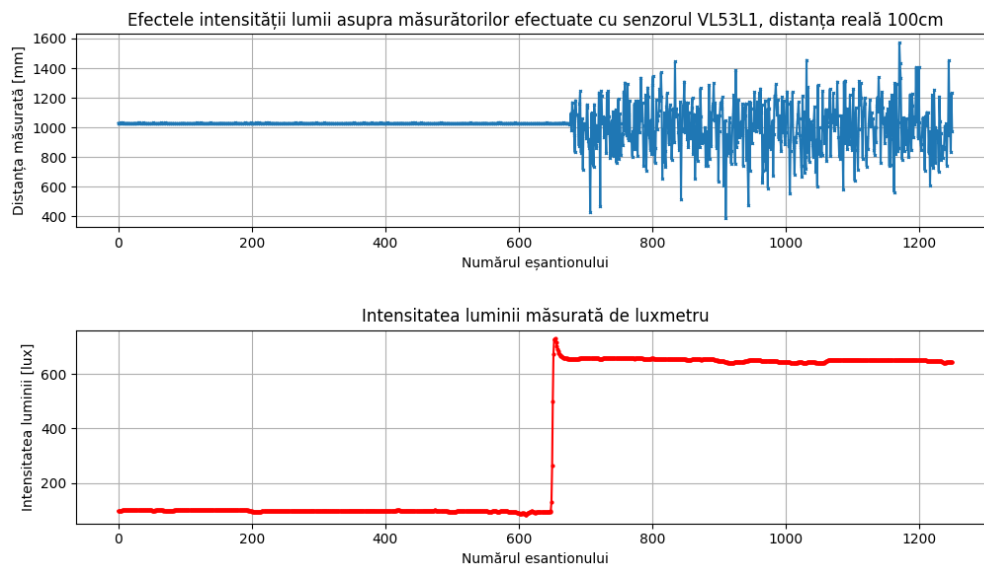


Fig. 10 Efectele unei surse de lumină asupra măsurătorilor efectuate de VCSEL TOF.

Asupra măsurătorilor efectuate s-au aplicat filtrele menționate anterior, performanțele fiind analizate utilizând eroarea procentuală medie absolută (MAPE) [21]. Rezultatele obținute au fost comparate cu performanțele unui senzor LIDAR. Pentru senzorul LIDAR, valoarea MAPE fiind 0.63, iar pentru senzorul VCSEL cea mai bună performanță a fost obținută prin aplicarea unei serii de filtre, valoarea MAPE fiind 2.1. Astfel s-a ajuns la concluzia că performanțele unui singur senzor VCSEL nu sunt suficiente.

4.6. Fuziunea senzorilor ultrasonic și VCSEL utilizând filtrul Kalman

Pasul următor a fost analiza unui senzor ultrasonic, în vederea realizării fuziunii dintre acesta și senzorul VCSEL. Fuziunea a fost realizată utilizându-se filtrul Kalman, metodologia fiind descrisă în lucrarea [22]. Fiecărei citiri provenite de la un senzor îi este aplicat un filtru Kalman, ceea ce duce la un rezultat filtrat pentru fiecare dintre senzori și la o matrice de covarianță de eroare dedicată pentru fiecare pas. Dacă covarianța de eroare a unui filtru este mare, atunci contribuția filtrului la valoarea fuzionată este redusă. Prin urmare, ieșirile ambelor filtre vor contribui la valoarea fuzionată finală, dar invers proporțional cu covarianța lor de eroare. În acest mod, se asigură că ieșirile cu o eroare mai mică vor avea un impact mai mare asupra rezultatului. Performanțele obținute fiind prezentate grafic în Fig. 11.

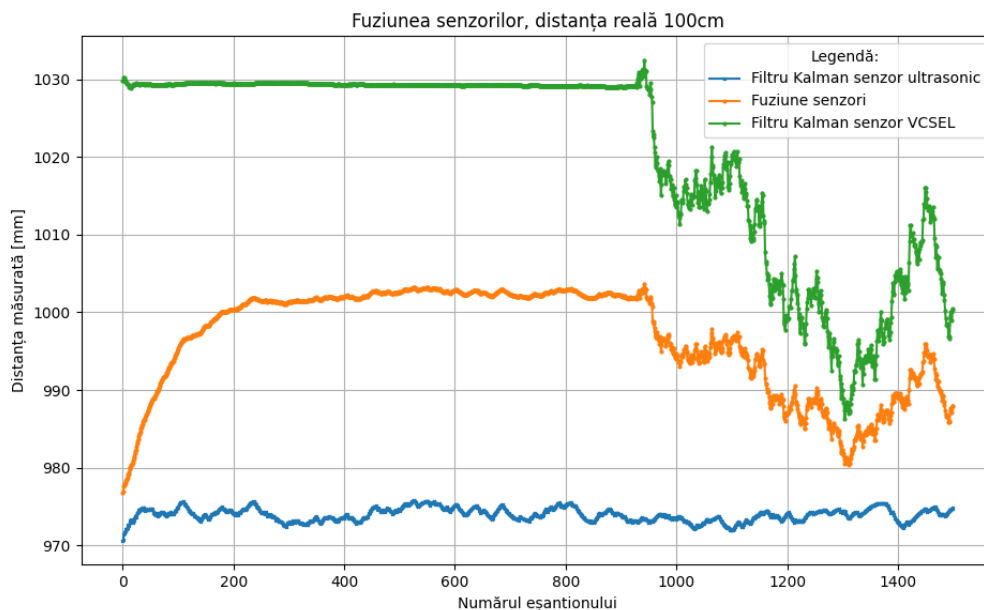


Fig. 11 Aplicarea blocului de fuziune Kalman.

Tendința senzorului VCSEL de a supraestima distanța, precum și tendința senzorului ultrasonic de a subestima distanța până la obiectul țintă, au făcut ca fuziunea acestor senzori să aibă rezultate extraordinare. Valoarea MAPE pentru fuziunea celor doi senzori este de 0.58. Așadar, prin aplicarea de filtre și corecții software s-au obținut performanțe comparabile cu cele ale senzorului LIDAR (care poate fi de până la douăzeci de ori mai scump decât ansamblul celor doi senzori). Rezultatele obținute confirmă că dezavantajele senzorilor VCSEL și ultrasonici pot fi ameliorate prin aplicarea unor tehnici software bine alese.

5. Creșterea siguranței traficului auto în condiții de ceață

Capitolul cinci conține un studiu bibliografic [23] asupra creșterii siguranței traficului auto în condiții de ceață. Astfel, rezumă metodele și sistemele găsite în literatură și considerate relevante, care estimează sau chiar îmbunătățesc vizibilitatea în condiții meteorologice nefavorabile.

5.1. Metode relevante de îmbunătățire a vizibilității

În ultimii ani, a existat un mare interes în zona îmbunătățirii vizibilității în condiții meteorologice nefavorabile și mai ales în condiții de ceață. Metodele se bazează pe algoritmi de procesare a imaginilor și pot fi împărțite în două categorii: procesarea imaginii folosind o singură imagine de intrare sau folosind mai multe imagini ca intrare. Pentru cazul în care se folosește o singură imagine drept intrare, una dintre primele abordări a fost prezentată de Tarel și Hautiere în [24]. Achiziția mai multor imagini de intrare ale aceleiași scene [25] este, de obicei, nepractică în mai multe aplicații reale, de aceea, prima variantă a primit recent multă atenție. Astfel se prezintă următoarele: metode bazate pe legea lui Koschmieder, metode care utilizează principiul Dark Channel Prior, segmentarea imaginii utilizând o singură imagine/multiple imagini de intrare și metode bazate pe inteligența artificială.

5.2. Metode de detectare a ceții și de estimare a vizibilității

Majoritatea abordărilor pentru detectarea ceții și determinarea densității acesteia în scopul de a estima vizibilitatea, se bazează pe măsurători de putere optică (OPM - Optical Power Measurement), dar există și abordări de procesare a imaginilor. Principiul de bază al metodelor din prima categorie este faptul că impulsurile infraroșii sau de lumină emise în

atmosfera sunt împrăștiate și absorbite de particulele și moleculele de ceață, rezultând o atenuare a puterii optice. Există două metode de detectare a gradului de atenuare, pe baza cărora se poate estima densitatea ceții. Prima metodă se bazează pe transmiterea directă a fasciculului, ceea ce înseamnă că, se măsoară puterea optică a impulsurilor emise, după ce fasciculul de lumină a trecut de un strat de ceață. A doua metodă se bazează pe măsurarea luminii reflectate atunci când fasciculul de lumină este împrăștiat de stratul de ceață. Astfel, sunt abordate metode de detectare a ceții bazate pe măsurare puterii optice prin transmisia directă sau reflectată dar și metode bazate pe procesarea de imagini. Tehnicile de estimare a vizibilității sunt considerate drept adecvate utilizării practice pentru creșterea siguranței transportului de orice fel (rutier, maritim sau aerian), împreună cu întreținerea adecvată a infrastructurii rutiere (sisteme de management al traficului, marcaje rutiere sau diverse elemente de semnalizare).

5.3. Senzori și sisteme pentru detectarea ceții și îmbunătățirea vizibilității

În prezent, vehiculele sunt echipate cu o mulțime de camere și senzori mențiți să fie folosiți de unele funcționalități specifice ale vehiculului. Aceste elemente, ar putea fi utilizate și pentru detectarea fenomenului de ceață și îmbunătățirea vizibilității. De exemplu, Tesla Model S are doar pentru funcționalitatea de pilot automat 8 camere, 12 senzori cu ultrasunete și un senzor radar orientat spre înainte cu capacitatea de procesare îmbunătățite. Orice vehicul inteligent modern, prezent pe șosele în prezent, este echipat cu diverse funcționalități ADAS și nu numai. Astfel putem aminti: sisteme de detectare a marcajului benzii sau recunoașterea semnelor de circulație, sistemele de avertizare în cazul unui risc de coliziune frontală, ajustarea și comutarea luminii de drum sau de întâlnire, camerele integrate cu radar sau LIDAR pentru efectuarea măsurătorilor de distanță, etc. Aceste funcționalități se bazează pe obținerea de informații utile de la diverși senzori sau camere, informații, care pot fi utilizate în continuare pentru detectarea vizibilității în condiții de ceață.

Se prezintă un demonstrator realizat în laborator, capabil să determine densitatea ceții pe baza procesării de imagini. S-a folosit o configurație experimentală de laborator (Fig. 12) pentru a testa și analiza diferite metode (în condiții similare și repetabile) iar rezultatele sunt comparate cu cele obținute de la observatori umani (în aceleași condiții de ceață). Pentru a determina o relație matematică între atenuarea fasciculului laser și caracteristicile particulelor, particulele de ceață au fost analizate folosind un microscop. Ultimul experiment prezintă o comparație între un LIDAR și un Telemetru, demonstrând că primul poate fi folosit în estimarea condițiilor de ceață. Pe baza tuturor acestor rezultate, a fost propus un sistem care adună date de la diferiți senzori și oferă rezultate mai fiabile legate de distanța de vizibilitate în condiții meteorologice nefavorabile. Folosind configurația din Fig. 12, s-au realizat experimente pentru a estima distanța de vizibilitate în condiții de ceață folosind echipamente laser și LIDAR. Rezultatele măsurătorilor tehnice efectuate cu acele dispozitive au fost validate prin răspunsul subiecților umani la vizibilitatea în aceleași condiții.



Fig. 12 Sistemul experimental utilizat pentru estimarea vizibilității pe timp de ceață.

Viabilitatea conceptului a fost demonstrată, în raport cu funcționalitățile critice (urma fasciculului laser la trecerea prin ceață, măsurarea variației puterii optice atunci când fasciculul laser trece prin ceață, măsurarea LIDAR în diferite condiții de ceață, procesarea imaginilor care conțin ceață) ale sistemului de estimare a distanței de vizibilitate în condiții de ceață, prin studii analitice și experimentale. Astfel, în lucrarea [26] au fost prezentate principiile estimării distanței de vizibilitate în ceață folosind imaginea de urmărire/împrăștiere a fasciculului laser care trece prin ceață. Rezultatele testelor de laborator (Fig. 13 a, b) dovedesc că distanța parcursă de fascicul prin ceață, până la dispersia totală, depinde de densitatea ceții.

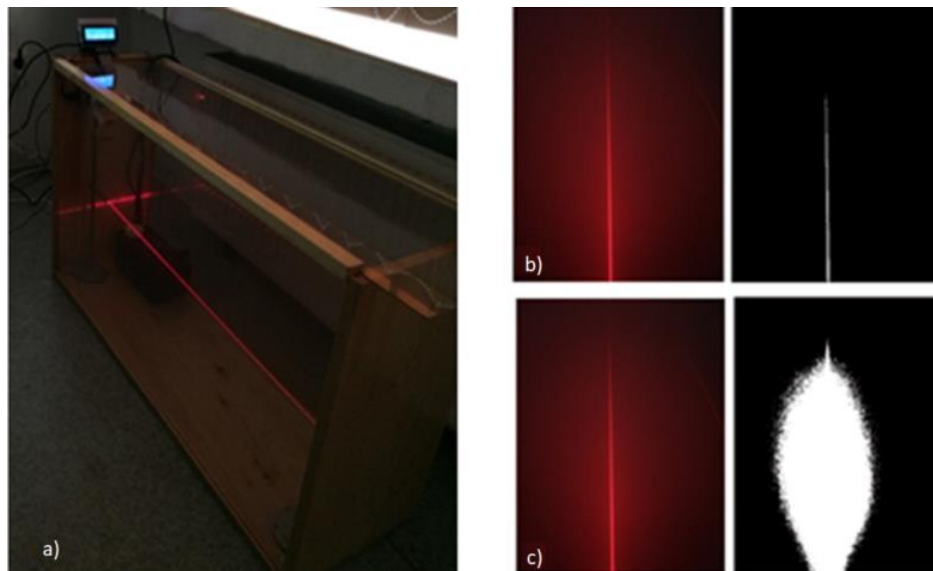


Fig. 13 a) Configurare pentru estimarea distanței de vizibilitate bazată pe măsurarea urmei și împrăștierii laserului b) Rezultate pentru măsurarea urmei fasciculului laser c) Rezultate pentru măsurarea împrăștierii fasciculului laser.

Același lucru se întâmplă și cu forma de răspândire (Fig. 13 c), a cărei diametru oferă informații despre densitatea ceții. Estimarea distanței de vizibilitate din variația puterii optice a fasciculului laser, măsurată după traversarea unei zone cu ceață, a fost validată prin experimente și analiza rezultatelor analitice. Mai mult, pentru prima dată în literatură, rezultatele au fost comparate cu acuitatea vizuală a unor grupuri de subiecți umani care citesc optotipurile dintr-o diagramă oculară în condiții similare de densitate a ceții. Structura experimentală realizată în laborator, prezentată în Fig. 12, are trei metri lungime și un volum de 0,576 m³. Acest stand a fost realizat pentru a putea crea un mediu de ceață în interiorul acestuia. Pentru a crea ceață, a fost folosit un generator de ceață. În timpul experimentelor, lichidul de ceață este monitorizat folosind un cântar (cu o precizie de 0,1 g) pentru a calcula densitatea de ceață creată în interiorul camerei. Acuitatea vizuală a fost măsurată în diferite condiții de ceață folosind un sistem automat dar și cu observatori umani. În Fig. 12 sunt prezentate, pe lângă structura de ansamblu (a), o parte din zona în care sursa laser transmite fasciculul de lumină și camera care monitorizează scăderea acuității vizuale (b), standul cu ceață în interior (c) și o parte din zona cu receptorul optic și diagrama cu optotipuri utile în monitorizarea acuității vizuale (d). Aspectele experimentale de validare a metodelor de estimare a distanței de vizibilitate folosind procesarea imaginilor sunt dezvoltate în [27].

5.4. Rezultate obținute

După analiza rezultatelor, nu există o metodă care le depășește pe toate celelalte atunci când discutăm despre îmbunătățirea vizibilității și detectarea ceții bazată pe procesarea imaginilor. Unele metode funcționează prin creșterea contrastului imaginii, altele prin creșterea vizibilității marginilor, în timp ce altele funcționează prin restaurarea imaginii. Prin urmare,

este clar că utilizarea unei singure metode bazate pe o cameră nu este suficientă pentru a asigura fiabilitatea unui sistem de siguranță instalat pe un vehicul. Soluția ar putea consta în utilizarea unei suite de metode de procesare a imaginii și luarea din fiecare doar a punctelor forte. Desigur, fezabilitatea unui astfel de sistem este discutabilă din diferite puncte de vedere, cum ar fi puterea de calcul, timpul de răspuns, costurile sau complexitatea crescută.

Având în vedere demonstratorul prezentat, deoarece transmisia și stocarea imaginilor poate fi problematică, s-a realizat un studiu bibliografic [28] cu privire la eficientizarea procesului prin identificarea și utilizarea de tehnici hibride de compresie a imaginilor. Într-un astfel de sistem, transmisia și stocarea imaginilor în vederea procesării și analizei acestora poate reprezenta o problemă mai ales dacă există fișiere de mari dimensiuni. Astfel, pentru a evita diverse probleme de tipul: latență crescută, ocuparea lățimii de bandă sau încărcarea sistemului, se impune folosirea unor algoritmi de compresie a imaginilor. Deoarece doar o parte din imagine este de interes (pentru care se dorește menținerea calității), se poate aplica o metodă hibridă de compresie. Astfel, se vor determina două zone, regiunea de interes (ROI), care conține împrăștierea fasciculului laser și zona de non-interes (RONI) care conține diverse informații precum fundalul, data la care a fost făcută captura, locația, etc (informații pentru care nu se dorește menținerea calității). Împărțirea celor două zone se poate face fie definind manual dreptunghiurile de delimitare, pe baza statisticilor sau experienței, fie utilizând un algoritm de detecție a împrăștierei fasciculului laser. În Fig. 14 se arată un exemplu concret care vizează principiul de funcționare al unei metode hibride (bazată pe definirea unei regiuni de interes) de compresie a imaginilor.

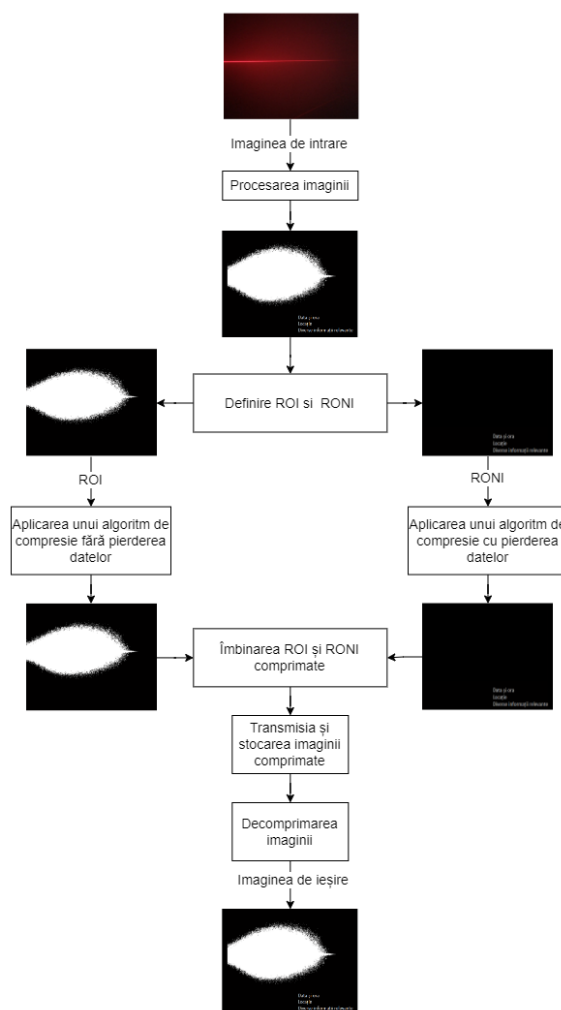


Fig. 14 Aplicarea compresiei hibride asupra imaginilor captate de camera video, utilizate pentru măsurarea

împrăștierii fasciculului laser.

Noțiunile elementare cu privire la compresia imaginilor atât utilizându-se metode hibride bazate pe ROI, cât și metode clasice, sunt prezentate în detaliu în lucrarea [28]. De asemenea, sunt enumerate diverse metrici de performanță utilizate pentru a măsura eficiența algoritmilor prezenți în literatură. Pe baza studiului realizat, se poate alege un algoritm de compresie potrivit pentru o situație specifică deoarece se prezintă cele mai recente abordări bazate pe ROI, precum și diferențele dintre principiile și algoritmi utilizați față de metodele clasice existente. Metricile utilizate în mod obișnuit sunt arătate pentru a aprecia calitatea și claritatea imaginilor supuse procesului de compresie și decompresie. Acest studiu este orientat spre comprimarea individuală a zonelor ROI pentru aplicații în domeniul auto (conducere autonomă, sisteme de siguranță a traficului auto, sisteme încorporate în vehicule pentru a ajuta șoferii) și în domeniul medical sau telemedicină (imagini prin rezonanță magnetică, raze X, CT, imagistică cu ultrasunete). În funcție de scopul aplicațiilor în care sunt utilizate imaginile, selecția și compresia ROI pot fi tratate ca probleme separate, dar ambele subiecte necesită întotdeauna o analiză specifică.

6. Concluzii

Capitolul șase prezintă concluziile cercetării, accentul fiind pus pe obiectivele enunțate la începutul tezei și pe gradul de îndeplinire al acestora, validate de comunitatea științifică prin lucrări publicate în jurnale și conferințe indexate WoS (Web of Science). Astfel fiecare obiectiv este dezbătut, fiind prezentate concluzii finale, detalii cu privire la avantajele și dezavantajele sistemelor propuse și direcții pentru viitoare cercetări în domeniu.

Pentru atingerea obiectivului cu numărul unu s-au realizat următoarele:

- A fost definit, implementat software și testat un model matematic al parasolarului mobil digital;
- Mai multe scenarii au fost testate folosind simulări MATLAB pentru a confirma principiile unui astfel de sistem. Având în vedere progresele înregistrate în domeniul dispozitivelor de tipul Head-up display în ultimii ani, se apreciază că este doar o chestiune de timp până când o astfel de tehnologie se va realiza la un cost de producție suficient de mic pentru a aduce beneficii atât pentru șofer, cât și pentru producător;
- Au fost prezentate soluții posibile de implementare concretă a parasolarului mobil digital, bazate pe realizările tehnologice existente în stadiul experimental (deocamdată), la nivel mondial, dar greu accesibile (datorită costurilor) pentru o demonstrație practică.

Pentru atingerea obiectivului cu numărul doi s-au realizat următoarele:

- S-a conturat importanța determinării distanței în domeniul automotive, fiind evidențiate sisteme existente de siguranță care se bazează pe măsurători precise ale intervalelor dintre diferite elemente;
- A fost prezentată o aplicație complexă de relevare a conturului mediului înconjurător prin care se deplasează un vehicul autonom, bazată pe tehnologia LIDAR. Necesitatea cunoașterii zonei prin care se deplasează un vehicul este motivată de apariția platformelor autonome și de nevoia de a transporta mărfuri sau personal în special în interiorul depozitelor, spitalelor sau companiilor utilizând autovehicule sau platforme robotizate autonome;
- A fost analizată influența mediului exterior asupra sensorului VCSEL, în special influența luminii puternice. Mai apoi au fost aplicate corecții și filtre precum MAF sau filtrul Savitzky–Golay pentru a diminua și netezi vârfurile apărute. Meritele acestei lucrări constau în analiza capacităților unui sensor nou pentru industria automotive și îmbunătățirea rezultatelor obținute de acesta prin software;

- S-a abordat fuziunea senzorilor VCSEL și ultrasonic, care a permis obținerea unor rezultate comparabile cu un senzor (LIDAR) de până la douăzeci de ori mai scump decât ansamblul celor doi senzori. Astfel, dezavantajele tehnologice și de producție au fost compensate de componenta software. Fuziunea acestor senzori s-a dovedit a fi extrem de utilă, în special în situațiile în care mașina efectuează manevre la viteze reduse, unde precizia este importantă, cum ar fi efectuarea manevrelor de parcare.

Pentru atingerea obiectivului cu numărul trei s-au realizat următoarele:

- S-a realizat un studiu bibliografic, în care s-au prezentat aspecte generale cu privire la creșterea siguranței traficului auto în condiții de ceață. De mare importanță sunt estimarea distanței de vizibilitate și condițiile de trafic (starea anvelopelor, infrastructura existentă, sistemele de semnalizare, sistemele de frânare, etc.);
- S-au analizat metode relevante de îmbunătățire a vizibilității bazate pe legea lui Koschmieder, principiul Dark Channel Prior, segmentarea imaginii utilizând o singură imagine de intrare, segmentarea imaginii utilizând multiple imagini de intrare sau inteligența artificială;
- A fost prezentat un sistem de estimare a densității ceții bazat pe emiterea unui fascicul laser, acesta fiind captat de o cameră video în vederea procesării și analizei împrăștierii luminii;
- S-au analizat metode hibride de compresie a imaginilor (bazate pe selecția unei regiuni de interes), fiind oferite și exemple de implementare, astfel fiind facilitată transmisia și stocarea eficientă a imaginilor. Această analiză este benefică pentru orice sistem care se bazează pe prelucrarea imaginilor.

Sintetizând, activitatea de cercetare a fost susținută de scrierea a 9 lucrări științifice, după cum urmează:

- Trei lucrări științifice [7], [23], [28] publicate în reviste indexate WoS (Web of Science), quartilele Q1 și Q2, în domeniul tezei, în care subsemnatul are calitatea de prim autor sau autor corespondent;
- O lucrare științifică [29] publicată într-o revistă indexată WoS, quartila Q1, în afara domeniului tezei, în care subsemnatul are calitatea de coautor;
- Patru lucrări științifice [13], [16], [17], [22] publicate în volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate WoS Proceedings, în domeniul tezei, în care subsemnatul are calitatea de prim autor sau autor corespondent;
- O lucrare științifică [14] publicată în volumul unei manifestări științifice neindexată, în domeniul tezei, în care subsemnatul are calitatea de coautor.

Bibliografie selectivă

1. DEX '16 Dicționarul explicativ al limbii române, ediția a III-a revăzută și adăugită, Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic Gold, 2016, 1376 p.
2. W. Middleton, „Vision through the atmosphere”, University of Toronto Press, 1952.
3. Osterhaus, Werner (2005). "Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments". *Solar Energy*. 79 (2): 140–158. Bibcode:2005SoEn...79..140O. doi:10.1016/j.solener.2004.11.011.
4. Gultepe, Ismail, ed. (2 January 2008). "Fog Visibility and Forecasting". *Fog and Boundary Layer Clouds*. p. 1126. ISBN 978-3-7643-8418-0.
5. Mueller, P. (2014). *Celestial Sphere*.
6. Simonoff, Jeffrey S. (1998) *Smoothing Methods in Statistics*, 2nd edition. Springer ISBN 978-0387947167.
7. **Ungureanu, V.-I.**; Miclea, R.-C.; Korodi, A.; Silea, I. A Novel Approach against Sun Glare to Enhance Driver Safety. *Appl. Sci.* 2020, 10, 3032. <https://doi.org/10.3390/app10093032>.
8. Singh, Santokh. "Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey." (2015).
9. Elahi, A.F.; Rahman, M.S. Intelligent windshield for automotive vehicles. In *Proceedings of the 2014 17th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, Dhaka, Bangladesh, 22–23 December 2014; pp. 392–396, doi:10.1109/ICCITechn.2014.7073112.
10. Conceptul de sticlă inteligentă prezentat de Continental Corporation. Disponibil online la: <https://www.continental.com/en/press/press-releases/2019-07-25-intelligent-glass-control/>, accesat la 16.04.2024.
11. Solar Mems, companie care produce senzori de detecție a poziției soarelui. Disponibil online la: <https://www.solar-mems.com/>, accesat la 16.04.2024.
12. Venkataraman, H.; Madhuri, M.; Assfalg, R. Deriving Pattern in Driver's Observability in Road Turns & Traffic Lights: Eye-Tracking based Analysis. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Communication and Computing in Connected Vehicles and Platooning (C3VP '18)*, New Delhi, India, 29 October– 2 November 2018; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, 2018; pp. 22–28, doi:10.1145/3267195.3267196.
13. F. Sandru, **V. Ungureanu** and I. Silea, "Parking facility management solution based on dynamic traffic distribution," 2022 26th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), 2022, pp. 619-624, doi: 10.1109/ICSTCC55426.2022.9931862.
14. Sandru, F.D.; **Ungureanu, V.**; Silea, I. Management and path planning solution for parking facilities using dynamic load balancing. 2nd IFSA Winter Conference on Automation, Robotics Communications for Industry 4.0 (ARCI' 2022). IFSA, 2022.
15. Lim, Hazel Si Min; Taeihagh, Araz (2019). "Algorithmic Decision-Making in AVs: Understanding Ethical and Technical Concerns for Smart Cities". *Sustainability*. 11 (20): 5791. arXiv:1910.13122. doi:10.3390/su11205791.
16. **V. Ungureanu**, B. Trutiu, I. Silea, P. Negîrla, C. Zimbru and R. Miclea, "Automatic Mapping of a Room Using LIDAR-Based Measuring Sensor," 2019 22nd International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), Bucharest, Romania, 2019, pp. 689-695, doi: 10.1109/CSCS.2019.00123.

17. F. -D. Sandru, **V. -I. Ungureanu** and I. Silea, "Vertical-cavity surface-emitting laser (VCSEL) based distance sensing for parking assistance," 2022 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC), Timisoara, Romania, 2022, pp. 1-4.
18. S. Golestan, M. Ramezani, J. M. Guerrero, F. D. Freijedo, and M. Monfared, "Moving average filter based phase-locked loops: Performance analysis and design guidelines," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 6, pp. 2750–2763, 2013.
19. A. Savitzky and M. J. Golay, "Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures.," Analytical chemistry, vol. 36, no. 8, pp. 1627–1639, 1964.
20. Y. Kim and H. Bang, "Introduction to Kalman Filter and Its Applications," in Introduction and Implementations of the Kalman Filter, IntechOpen, Nov. 2018.
21. A. de Myttenaere, B. Golden, B. Le Grand, and F. Rossi, "Mean Absolute Percentage Error for regression models," Neurocomputing, vol. 192, pp. 38–48, June 2016.
22. F. -D. Sandru, **V. -I. Ungureanu** and I. Silea, "Ultrasonic and VCSEL sensor fusion for distance measurement in parking assistance," 2023 24th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS), Bucharest, Romania, 2023, pp. 35-40, doi: 10.1109/CSCS59211.2023.00015.
23. Miclea, R.-C.; **Ungureanu, V.-I.**; Sandru, F.-D.; Silea, I. Visibility Enhancement and Fog Detection: Solutions Presented in Recent Scientific Papers with Potential for Application to Mobile Systems. Sensors 2021, 21, 3370. <https://doi.org/10.3390/s21103370>.
24. Tarel, J.-P.; Hautiere, N. Fast visibility restoration from a single color or gray level image. In Proceedings of the 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision, Kyoto, Japan, 27 September–4 October 2009; pp. 2201–2208.
25. Narasimhan, S.G.; Nayar, S.K. Contrast restoration of weather degraded images. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2003, 25, 713–724.
26. R. Miclea and I. Silea, "Visibility Detection in Foggy Environment," in Control Systems and Computer Science 2015 20th International Conference, Bucharest 27-29 May 2015, pp 959-964, 2015.
27. Miclea, R-C; Systems to increase the safety of road traffic in weather conditions that alter visibility - research and solutions, PhD Thesis, University Politehnica Timisoara, 2020.
28. **Ungureanu, V.-I.**; Negirla, P.; Korodi, A. Image-Compression Techniques: Classical and "Region-of-Interest-Based" Approaches Presented in Recent Papers. Sensors 2024, 24, 791. <https://doi.org/10.3390/s24030791>.
29. Ungureanu, E.; Fortună, M.E.; Țopa, D.C.; Brezuleanu, C.O.; **Ungureanu, V.I.**; Chiruță, C.; Rotaru, R.; Tofanica, B.M.; Popa, V.I.; Jităreanu, D.C. Comparison Adsorption of Cd (II) onto Lignin and Polysaccharide-Based Polymers. Polymers 2023, 15, 3794. <https://doi.org/10.3390/polym15183794>.