

Rezumat Teză doctorat:

Sisteme de creștere a siguranței traficului rutier în condiții meteo ce alterează vizibilitatea - cercetări și soluții

Autor: ing. Răzvan Cătălin MICLEA

Progresul major din domeniu IT&C ne schimbă efectiv viețile din mai multe puncte de vedere, printre cele de referință fiind siguranța și confortul. Dacă analizăm domeniul transportului de persoane, public sau privat, observăm schimbări care în urmă cu doar un deceniu ni s-ar fi părut imposibile: automobilele sau autobuzele autonome ce vin împreună cu noile concepte de interconectare „vehicle-to-vehicle (V2V)” sau „vehicle-to-infrastructure (V2X)”, noul concept de tren „hyperloop” ca al cincilea mod de transport după mașină, trenul clasic, vapor și avion sau diferitele „gadget-uri” de transport electrice (monociclu electric, skateboard electric, trotinetă electrică, segway etc.). Toate aceste idei au apărut ca necesități de a crește confortul și siguranța pasagerilor, de a scurta durata de deplasare și de a o ușura mai ales în metropolele foarte aglomerate.

În lucrarea de față intitulată „Sisteme de creștere a siguranței traficului rutier în condiții meteo ce alterează vizibilitatea - cercetări și soluții” este analizată o problemă actuală, dar care va fi de mare interes și în viitor - mai ales dacă vorbim despre autovehiculele autonome - și se referă la problema vizibilității în diferite condiții meteo. A fost analizată problema cauzată de ceață asupra vizibilității, dar și de strălucirea orbitoare cauzată de razele solare și de farurile celorlalți participanți la trafic, în condiții nocturne. Cum am menționat și mai sus, aceste fenomene cauzează mari dificultăți șoferilor astăzi, dar ele vor impacta și vehiculele autonome care trebuie să identifice semnele de circulație, marcajele rutiere, pietonii sau alte obiecte ce apar pe carosabil, în vederea luării deciziilor necesare.

Teza este structurată în patru părți având în total șapte capitole (fig. 1) repartizate astfel:

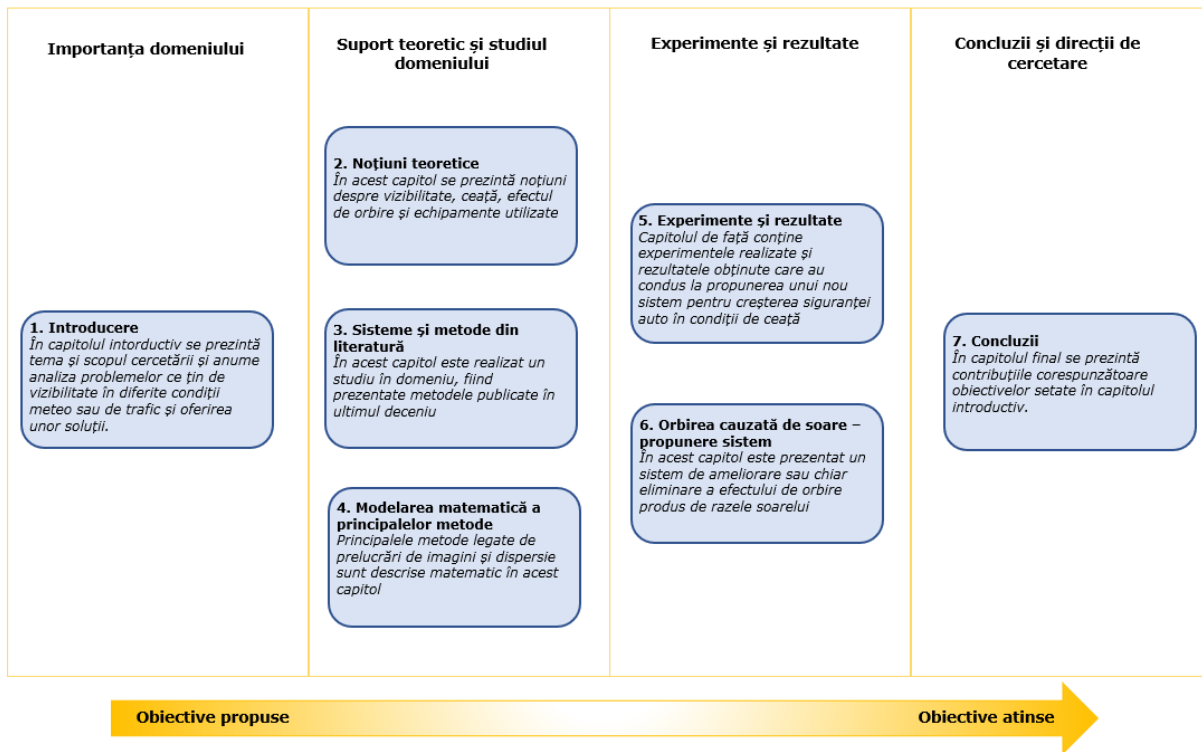


Fig. 1. Structura tezei

- 1) Prima parte conține capitolul 1 în care se prezintă importanța domeniului, tema, scopul și obiectivele cercetării;
- 2) Partea a doua constă în suportul teoretic, fiind prezentate noțiuni introductive și terminologia ce va fi utilizată în restul lucrării (capitolul 2), un studiu al literaturii domeniului, cu metode prezentate în ultimul deceniu (capitolul 3) și o modelare/prezentare matematică a acestor metode (capitolul 5);
- 3) Partea a treia include capitolele 5 și 6, în care sunt prezentate experimente, rezultate și propuneri de sisteme pentru cele două probleme tratate;
- 4) În ultima parte sunt prezentate concluziile finale și contribuțiile personale.

Scopul principal al acestei teze este abordarea a două dintre problemele importante - distanța de vizibilitate în condiții de ceață, respectiv evitarea orbirii șoferului datorată strălucirii soarelui - și oferirea unor soluții noi, la nivelul actual al tehnologiilor, pentru creșterea siguranței pe drumurile publice.

Problema "vizibilității" nu este specifică doar șoferilor, fiind vitală și în cazul automobilelor autonome (identificarea pietonilor, semnelor de circulație, a altor participanți la traffic etc.). Necesitatea rezolvării acestora va rămâne valabilă chiar și după implementarea conceptului V2X.

Cauzele a aproximativ 25% dintre accidentele de circulație (cifră ce rămâne constantă în ultimele două decenii) sunt condițiile/factorii meteo care influențează (reduc) vizibilitatea. Dintre fenomenele din atmosferă - ploaie, zăpadă, ceață și strălucirea soarelui - în lucrarea de față (așa cum am menționat mai sus) se vor trata ultimele două categorii, cu accent pe efectele ceții - pentru că impactul ei este cel mai mare asupra vizibilității; cu cât dimensiunea particulei este mai mică și densitatea particulelor mai mare, vizibilitatea scade și pericolul producerii de accidente crește.

În continuare ne vom referi, foarte succint, la aspectele esențiale prezentate în fiecare din cele șapte capitole.

În primul capitol este prezentat domeniul tezei, oportunitatea elaborării lucrării, scopul și obiectivele urmărite. Sunt enumerate categoriile de factori de „vizibilitate” (fig. 2) care pot influența siguranța pe șosele, iar referirea va fi cu precădere pe partea de vizibilitate: factori ce țin de observator, factori ce țin de conținutul atmosferic, factori ce țin de iluminanța atmosferică, factori ce țin de obiectul țintă observat.

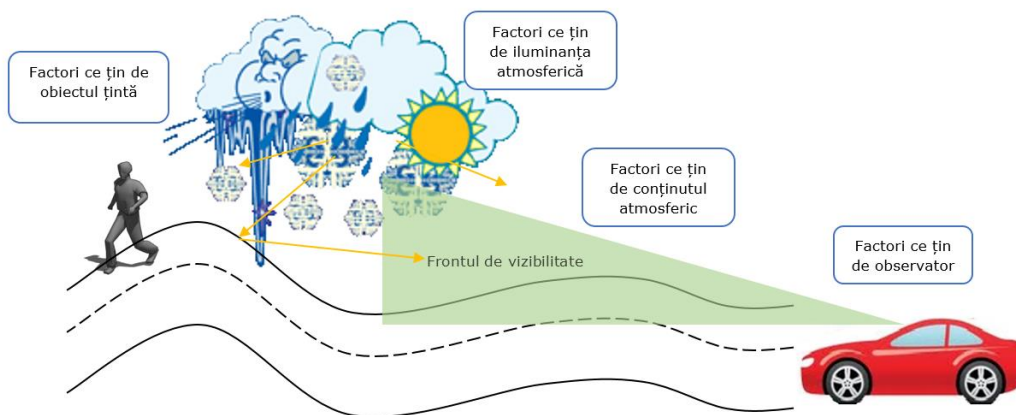


Fig. 2. Factori ce influențează vizibilitatea

Mai apoi sunt definite principalele obiective ale acestei cercetări, pentru rezolvarea problemei de vizibilitate, și anume:

- (i) realizarea unui model experimental, în laborator, care să permită studiul și experimentele, în condiții de repetabilitate, a tehnicilor și metodelor (existente și noi propuse de autor) pentru estimarea vizibilității în condiții de ceață;
- (ii) elaborarea unei soluții practice - prin care conducătorii auto, ori autovehiculele autonome sunt informați de condițiile de vizibilitate - care să conducă la creșterea siguranței traficului rutier;
- (iii) evitarea orbirii șoferului, datorată strălucirii soarelui, prin introducerea unui sistem de parasolar dinamic, digital - posibil de realizat pe viitor, ca alternativă la soluția bazată pe tehnologia "smart glass".

În cel de-al doilea capitol sunt prezentate noțiuni ce țin de vizibilitate (terminologie, domenii și metode de măsurare precum și instrumente/echipamente pentru realizarea acestor măsurători), ceață (tipuri, compoziție și formare), orbirea cauzată de soare în condiții diurne sau de către alți participanți la trafic în condiții nocturne; aceste elemente vor fi utilizate în tot restul lucrării, făcându-se paralele între rezultatele experimentale și teorie. În ultima parte a capitolului sunt prezentate principalele echipamente utilizate în cadrul experimentelor din această cercetare.

În capitolul 3 este prezentată o analiză a metodelor și sistemelor din literatura de specialitate, publicate în ultimii zece ani, referitoare la vizibilitatea în condiții de ceață. Metodele au fost împărțite în două mari categorii: îmbunătățirea vizibilității, respectiv detectarea ceții și estimarea distanței de vizibilitate (fig. 3).

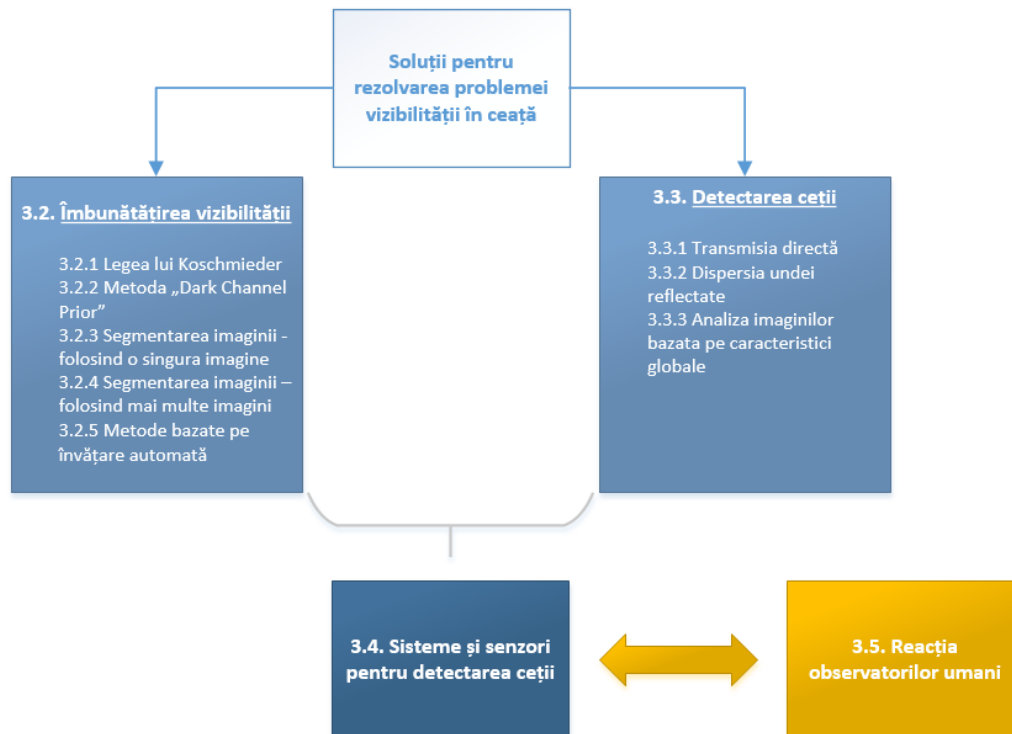


Fig. 3. Privirea de ansamblu asupra metodelor și sistemelor actuale referitoare la problema lipsei vizibilității cauzate de ceață

Dacă din prima categorie (îmbunătățirea vizibilității) fac parte doar metode de procesare de imagini, în cea de-a doua (detectarea ceții) s-au identificat, pe lângă metode de procesare de imagini, metode ce țin de măsurarea puterii optice - fie prin transmisie directă, fie prin măsurarea dispersiei undelor reflectate. Evaluarea acestor metode s-a făcut ținând cont de opt criterii și anume: complexitatea de calcul, viteza de prelucrare a datelor, posibilitatea de utilizare în timp real, posibilitatea de a le utiliza în condiții diurne sau nocturne, disponibilitatea echipamentelor/sistemelor necesare pe mașinile actuale, posibilitatea de a distribui rezultatele către alți participanți la trafic, fiabilitatea, respectiv legătura cu acuitatea vizuală care să ne confirme că rezultatele sunt valabile pentru o ființă umană. Această sinteză a avut rolul de a identifica punctele tari dar și cele slabe ale fiecărei metode, cu scopul de a se încerca dezvoltarea unui sistem viabil și robust/fiabil spre a fi utilizat pe drumurile publice. Concluzia acestei analize a fost faptul că pentru a crea un sistem care să ofere rezultate de încredere, este nevoie de interconectarea unor metode/sisteme diferite, spre exemplu o metodă bazată pe procesare de imagini cu o metodă ce constă în măsurarea puterii optice, în ideea de a-și valida rezultatele una celeilalte și de a avea o soluție de back-up.

În capitolul 4, se prezintă suportul matematic necesar pentru a înțelege modelele și modelarea fenomenelor fizice ce stau la baza apariției problemelor identificate, precum și a mijloacelor științifice folosite pentru rezolvarea lor.

Pentru partea de îmbunătățire a vizibilității din imagini afectate de ceață este prezentată legea lui Koschmieder [1], una dintre cele mai reprezentative metode din literatură, care a propus o relație între contrastul aparent și cel inerent al unui obiect aflat la o anumită distanță și aflat pe fundul atmosferic; această lege este aplicabilă pentru condiții diurne. Pentru a acoperi și cazul condițiilor nocturne este prezentată, ca fiind de bază, legea lui Allard. Cea de-a treia metodă prezentată este metoda "Dark Channel Prior" [2], metodă care a stat la baza multor lucrări recent publicate în literatură; este o metodă statistică bazată pe imagini fără ceață captate în mediul exterior, care elimină ceața dintr-o singură imagine utilizată la intrare. Pentru partea de dispersie a fasciculului, cauzată de particulele de ceață, sunt prezentate legile lui Rayleigh și Mie, aplicabile pentru diferite dimensiuni ale particulelor.

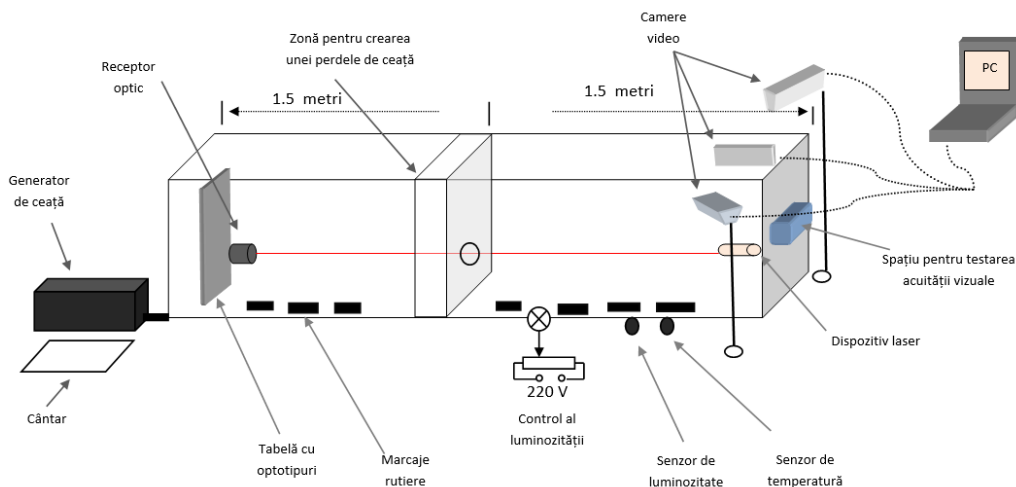
Scopul prezentării acestor metode este aplicarea și testarea lor în experimentele practice și evidențierea punctelor convergente și a celor divergente ale celor două categorii pentru a se încerca o combinare a lor în cadrul unui sistem funcțional, real.

În capitolul 5 sunt prezentate rezultate experimentale realizate în laborator; se începe cu o abordare staționară, prin care s-a monitorizat atenuarea fasciculului laser cu ajutorul unei camere video, în diferite condiții de ceață; pe baza acestor informații s-a estimat o distanță de vizibilitate și s-a recomandat o viteză de deplasare. Mai departe, folosind aceleași imagini de intrare, dar analizând de această dată dispersia fasciculului în ceață, s-a încercat o analogie cu domeniul de vizibilitate [3].

Mai departe, s-a analizat comportamentul a două surse de lumină (LED și laser, aceste tehnologii fiind viitorul în domeniul farurilor auto), mai întâi variind puterea la intrarea lor, iar apoi menținând o putere constantă și introducând ceață în încăperea (de la condiții fără ceață, ceață redusă, ceață moderată, până la condiții de ceață densă). S-a realizat în acest fel legătura între puterea injectată în sursa de lumină și modificarea vizibilității pentru diferitele categorii/situații de ceață. Ceața, având aproximativ același efect asupra vizibilității ca și bolile oculare, la pasul următor s-a analizat acuitatea vizuală în aceleași condiții de ceață (menționate mai sus), realizând astfel o analogie între diferitele condiții de ceață și problemele oculare, reacția observatorilor umani. Aceste măsurători s-au realizat într-un spațiu restrâns, distanța dintre cameră și tabela cu optotipurii fiind de doar un metru, necesitând astfel o redimensionare a optotipurilor [4].

Pentru a respecta cerințele oftalmologilor în evaluarea acuității vizuale, la următorul experiment s-a realizat un model experimental de trei metri lungime [5]. Principalele cerințe ce au fost îndeplinite odată cu realizarea acestui model experimental sunt:

- Oferirea posibilității de a realiza diferite condiții de ceață;
- Flexibilitate și repetabilitate în testarea metodelor din ambele categorii descrise în capitolul 3, cele de îmbunătățirea vizibilității și cele pentru detectarea ceții;
- Îndeplinirea cerințelor oftalmologice pentru măsurarea acuității vizuale – modelul experimental are o lungime de trei metri și este reprezentat schematic și realizat în fig.4 (a), respectiv (b).



(a) proiect structural



(b) realizarea fizică din laborator

Fig. 4. Model experimental de testare și validare a metodelor de determinare a vizibilității în ceață

Validarea rezultatelor experimentate s-a efectuat cu ajutorul unor observatori umani (peste o sută), iar diferențele dintre rezultatele oferite de aceștia comparativ cu cele returnate de sistem au fost analizate și discutate. Comparativ cu modelul experimental prezentat în figura 4, în implementarea practică au aparut o serie de modificări, cea mai importantă fiind aceea de a realiza două astfel de modele, unul care să servească la analiza unui strat de ceață, iar cel de-al doilea pentru ceață densă. Astfel, în primul experiment s-a analizat impactul ceții asupra fascicului laser, măsurând puterea optică a acestuia după parcurgerea unui strat de ceață – subțire, de 30cm (fig. 5), dar și o ceață uniformă pe parcursul celor 3 metri (fig. 6).



Fig. 5. Configurația cu strat de ceață: a) Condiții cu ceață densă; b) Condiții cu ceață moderată



Fig. 6. Configurația cu rază lungă: a) Condiții fără ceață; b) Condiții cu ceață

S-a concluzionat faptul că fasciculul este impactat de numărul de particule întâlnite pe traseul său, dar și de dimensiunea și densitatea acestora; cu cât dimensiunea lor este mai redusă și densitatea mai mare, cu atât impactul este mai mare asupra fasciculului.

Continuând experimentele, în aceleași condiții de ceață (nivelul de ceață a fost monitorizat pe tot parcursul experimentelor) s-a măsurat/stabilit acuitatea vizuală cu ajutorul unei camere, printr-un algoritm OCR, dar și cu ajutorul unor observatori umani. A reieșit faptul că rezultatele oferite de sistem și de către observatorii umani se află, aproximativ, în aceeași gamă. Excepțiile fiind analizate, a rezultat că abaterile, în majoritate, au fost cauzate de observatori umani cu probleme de vedere deja cunoscute. La finalizarea acestor două experimente s-a sintetizat o legătură între puterea optică măsurată după parcurgerea stratului de ceață și acuitatea vizuală, rezultat care permite ca printr-o simplă măsurare a puterii optice a unui fascicul de lumină să putem identifica acuitatea vizuală, iar apoi să poată fi estimată distanța de vizibilitate și, în final, să se poată recomanda o viteză de deplasare adecvată.

Apoi s-a analizat influența ceții asupra unor dispozitive bazate pe dispersia retrogradă – Telemetru și Lidar (fig. 7). Comportamentul celor două dispozitive, în condiții de ceață, diferă extrem de mult. Telemetrul oferă rezultate corecte până la o anumită densitate a ceții, moment în care nu mai este capabil să ofere niciun rezultat valid (perceput de dispozitiv ca distanță mai mare de 40m), returnând în acest caz fie eroare, fie indicând distanța până la norul de ceață. Măsurătorile lidarului, cel de-al doilea dispozitiv retrograd testat, sunt impactate de particulele de ceață din primele momente în care acestea apar în încăperea, dar acesta este totuși capabil să ofere rezultate la densități foarte mari ale ceții - distanțele indicate de dispozitiv scăzând pe măsură ce densitatea ceții crește. Una dintre cauze obținerii acestor rezultate ar fi lungimile de undă pe care le utilizează cele două dispozitive, lidarul având o lungime de undă mai mare (905nm) față de telemetru (632nm), ceea ce face ca undele transmise de acesta să fie mai puțin impactate de particulele de ceață. Ca și concluzie a acestor măsurători, lidarul pare potrivit spre a fi utilizat într-un sistem mai complex de detecție a ceții, undele sale fiind capabile să se reflecte din ceață chiar și la o densitate mai ridicată, în timp ce telemetrul se dovedește complet inutil în condiții de ceață densă.



Fig. 7. Evaluarea rezultatelor lidarului și telemetrului în diferite condiții de ceață

Ca și pas următor s-a analizat mai în detaliu structura și compoziția ceții, generate cu generatorul de ceață, pentru a înțelege influența dimensiunilor particulelor de ceață asupra surselor de lumină și a vizibilității. S-a continuat apoi cu prezentarea aspectelor fizico-matematice ale fenomenului dispersiei fasciculului laser, cauzată de particulele de ceață.

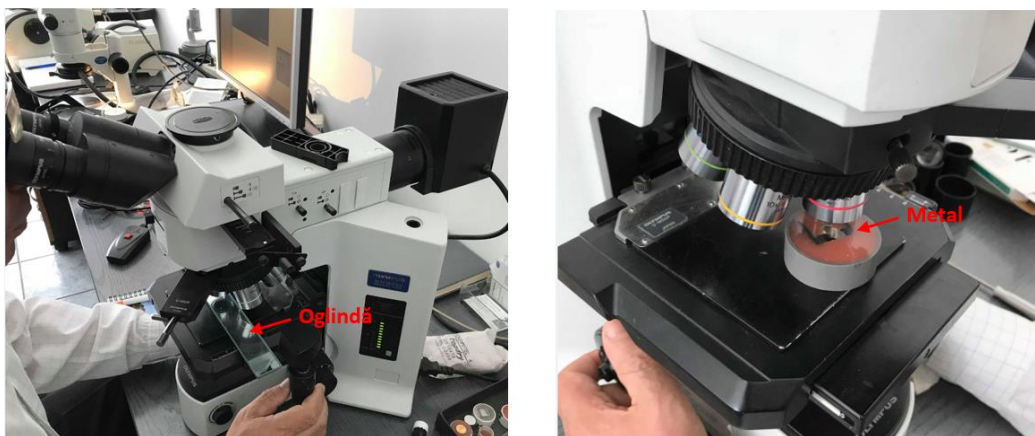


Fig. 8 Analiza particulelor de ceață pe a) oglindă b) metal

Cu ajutorul unui microscop s-au analizat particulele de ceață generate (fig. 8), din mai multe puncte de vedere, cum ar fi: aria fiecărei particule, factorul de formă („shape factor”), raportul de aspect („aspect ratio”) dar și încadrarea particulelor în diferite clase în funcție de caracteristicile descrise mai sus; pasul următor a fost acela de a determina matematic influența dispersiei și absorbției particulelor asupra fascicului laser, folosind metoda dispersiei Mie. S-a concluzionat faptul că vizibilitatea este mai puternic impactată atunci când există o densitate mai mare de particule de dimensiuni mai mici, din cauza mișcării lor în mediu. Datorită mișcării browniene, turbulenței și gravitației are loc coliziunea dintre particule ceea ce duce la o îmbunătățire a vizibilității respectiv o reducere a impactului ceții asupra sursei de lumină.

S-a confirmat astfel teoria conform căreia un mediu compus din particule mai mici și densitate ridicată are un impact mai puternic asupra fasciculelor de lumină, dar și asupra vizibilității, în comparație cu particulele mai mari. Odată cu creșterea dimensiunii particulelor, intensitatea dispersiei scade, iar scăderea devine și mai puternică odată cu creșterea unghiului de dispersie. Pentru toate dimensiunile de particule analizate, dispersia spre înainte a fost predominantă (unghiuri mai mici); aceste rezultate sunt conforme cu teoria de dispersie a lui Mie, pentru particule mult mai mari decât lungimea de undă a luminii incidente. În experimente s-a utilizat un laser cu lungime de undă de $\sim 650\text{nm}$ (roșu).

Pe baza tuturor acestor date, se propune un model de identificare a atenuării puterii optice la o distanță specifică, prin extrapolarea valorilor obținute în laborator pentru o distanță de trei metri, la distanțe mult mai mari. Coeficientul total de atenuare la o distanță specifică x (μx) poate fi calculat prin înmulțirea coeficientului mediu de atenuare al unei secțiuni din fascicul cu numărul de secțiuni raportat la distanța de observare dorită. Mergând mai departe, se poate estima distanța de vizibilitate, pe baza teoriei proiectării unei diagrame oculare (tabel cu optotipuri) - distanța de observare trebuie să fie de 68,75 ori mai mare decât cel mai mare optotip din diagramă. Acest lucru conduce la afirmație, cum că distanța de observare este de 13,75 ori mai mare decât obiectul care urmează să fie observat pentru cazul în care se disting inclusiv detaliile acestui obiect (folosind rândul al cincilea de pe tabela cu optotipuri în această determinare), respective 68.75 ori mai mare pentru o observare mai puțin clara a unui astfel de obiect (raportare realizată la primul rând de optotipuri).

Astfel, un indicator rutier de dimensiune 70cm, în condiții de ceață ce duc la o atenuare de aproximativ 70% din puterea optică de intrare măsurată după trecerea norului de ceață, este vizibil de la o distanță de aproximativ 50 de metri, în timp ce de la o distanță de aproximativ 10 metri, pot fi distinse inclusive micile detalii de către o persoană cu acuitate vizuală normală. Un al doilea exemplu ar putea fi un pieton de 1,7 metri înălțime, în aceleași condiții de ceață descrise mai sus, este vizibil de la o distanță de aproximativ 115 metri, iar detalii se pot distinge de la aproximativ 23 de metri.

Principiile menționate mai sus și sumarizate în tabelul 12 sunt foarte utile pentru proiectarea unui sistem staționar, instalat în apropierea unei autostrăzi sau a unui drum expres, cunoscând distanța dintre echipamente și având ca obiective identificarea condițiilor meteorologice nefavorabile, estimarea unei distanțe de vizibilitate și notificarea conducătorii auto (vezi fig. 5.53). Mai apoi aceste principii pot fi utilizate chiar și în proiectarea unui sistem mobil de detectare a ceții și estimare a distanței de vizibilitate.

În ultima parte a capitolului 5 s-au realizat experimente ce țin de îmbunătățirea vizibilității într-o imagine de intrare (achiziționată); imaginile de intrare pentru acest experiment s-au realizat în modelul experimental numărul doi (cel cu dimensiunea de 3 m), modificat astfel încât să permită simularea unei scene de trafic reale, prin redimensionarea tuturor obiectelor din scenă (marcaje rutiere, vehicule și pietoni) la o scară 1:17.5; în acest model s-au creat diferite condiții de ceață, monitorizate cu ajutorul unei camere video, iar apoi s-a încercat eliminarea ceții din imagini utilizând mai mulți algoritmi de prelucrare de imagini. Comparația finală, prezentată în lucrare, s-a făcut între metoda de egalizare a histogramelor („Histogram Equalization”) și metoda „Dark Channel Prior” (DCP); cele mai bune rezultate, dintre metodele testate, le-a înregistrat cea din urmă (vezi fig. 9).



Fig. 9 Imaginea cu ceață densă: a) originală; b) ceață eliminată; c) rafinată aplicând DCP

Propunerea de sistem pentru îmbunătățirea vizibilității și estimarea distanței de vizibilitate, rezultată în urma studiului literaturii și analizei rezultatelor experimentale, ne-a dus către o combinație de sisteme (un sistem colaborativ): unul staționar, montat în apropierea drumurilor publice, care să estimeze vizibilitatea prin măsurători optice și unul mobil (aflat în mișcare, fiind instalat pe vehicule) format dintr-o camera video împreună cu un lidar (fig. 10). Sincronizarea acestor sisteme și interpretarea rezultatelor oferite de ele, vor conduce la creșterea siguranței pe drumurile publice în condiții meteo nefavorabile.

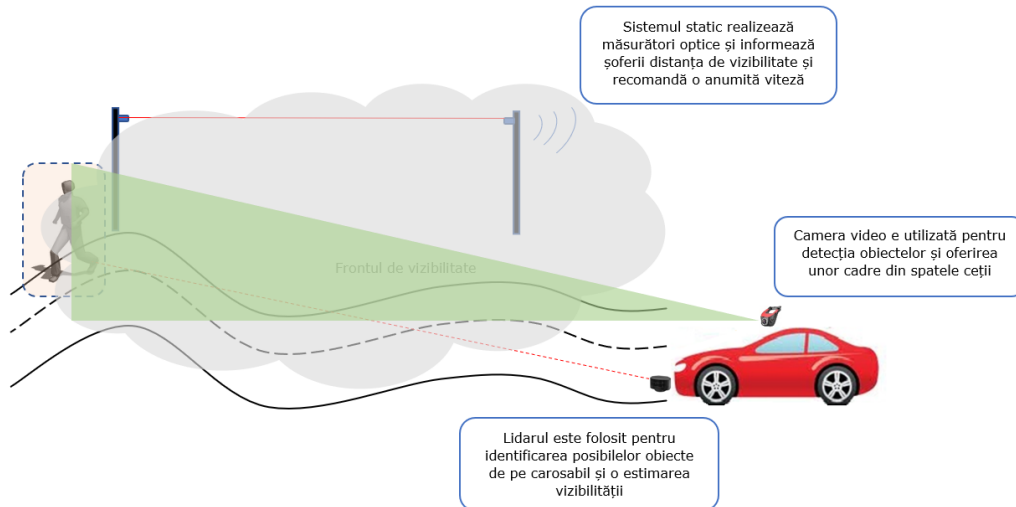


Fig. 10 Propunere de sistem colaborativ pentru creșterea siguranței în trafic în condiții de ceață

Sistemul staționar va măsura densitatea ceții ținând cont de nivelul reducerii puterii optice, iar pe baza acestei informații va putea estima distanța de vizibilitate, transmițând acest rezultat către vehicule. Camera video aflată la bordul mașinii, cu viteza adaptată corespunzător condițiilor de vizibilitate, va detecta semnele de circulație, marcajele rutiere, pietonii sau alți participanți la trafic, în timp ce lidarul va veni în completare prin detecția posibilelor obstacole din fața vehiculului, dar va oferi și o estimare a vizibilității - în cazul concret al zonelor de ceață prin care se deplasează. Cumulând informațiile de la toate aceste „surse”, sistemul central al vehiculului poate interveni și notifica șoferii despre potențiale pericole, dar poate lua și autonom măsuri precum reducerea vitezei sau frânare în caz de pericol.

În teză este prezentată o situație reală de trafic, pe autostradă, fiind evidențiate elementele sistemului ce asigură siguranța în condiții de vizibilitate redusă: transmitătoare și receptoare laser pentru sistemele staționare respectiv lidar și camera pentru cele mobile. În viitorul apropiat vor fi tot mai dese cazurile în care pe drumurile publice vor apărea mașini autonome alături de cele clasice conduse de către șoferi. Astfel acțiunile șoferilor fiind imprevizibile, aceste sisteme vor trebui să aibă un timp de evaluare și reacție extrem de redus pentru a fi capabile să evite posibile accidente.

În capitolul 6 s-a studiat fenomenul de orbire cauzat de razele solare, care s-a dovedit a fi un important factor ce duce la accidente pe drumurile publice. Dacă până în urmă cu cinci ani parasolarul clasic era singura metodă folosită împotriva orbirii cauzate de Soare (care este învechit în comparație cu celelalte componente ale unui vehicul modern și nu contribuie la siguranța șoferului), în ultimii ani companiile automotivă au prezentat la saloanele internaționale auto diferite soluții, toate aflate încă în faza de prototip. Majoritatea dintre aceste soluții sunt bazate pe modificarea, cu un anumit nivel, a transparenței geamurilor (parbriz, lunetă, geamuri laterale) autovehiculelor. În teză s-a propus un sistem bazat, în principal, pe echipamente disponibile deja pe vehicule - ideea fiind doar de a le da și o altă funcționalitate [6]. Astfel, cu ajutorul unui senzor care indică direcția razelor Soarelui și a unui senzor de nivel de lumină, se detectează intensitatea luminii și locul unde razele solare vor intersecta parbrizul în drumul lor spre ochii șoferului. Pentru a se analiza dacă razele solare impactează/deranjează vizibilitatea șoferului (bazat pe detecția interioară a poziției șoferului, luminozității feței, dar și direcției privirii acestuia în timpul condusului) se folosesc camere video. În baza interpretării acestor informații, se determină coordonatele de pe suprafața parbrizului unde trebuie creată o pată spre a proteja șoferul de lumina orbitoare (fig. 11). Coordonatele sunt trimise către un ECU care crează o imagine/pată de o anumită dimensiune (prestabilită) și o va transmite HuD-ului pentru a o proiecta pe parbriz.

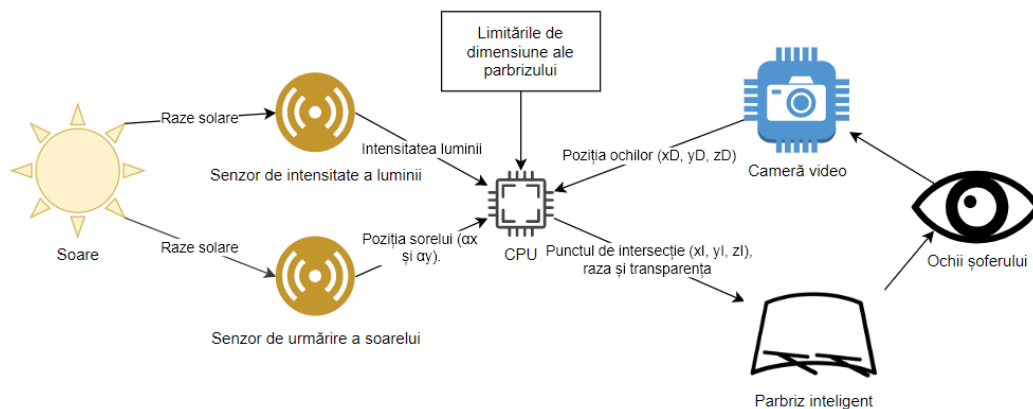


Fig. 11 Imagine de ansamblu grafică a parasolarului digital

Având în vedere progresul înregistrat în domeniul HuD în ultimii ani, pare doar o chestiune de timp (câțiva ani) până când un astfel de sistem va fi realizat cu un cost de producție suficient de scăzut pentru a aduce beneficii atât pentru șofer, cât și pentru producător.

Mai departe a fost prezentat un studiu privind aplicabilitatea și beneficiile instalării unui sistem anti-orbire pe vehicule. Pentru a testa și evidenția principiile descrise în această parte a cercetării, s-au simulat în MATLAB diferite scenarii ce se pot întâlni în viața reală [7]: cel în care atât poziția Soarelui cât și cea a șoferului sunt fixe, apoi cel în care unul dintre puncte este fix (Soare/șofer) și celălalt mobil, iar ultimul caz ambele puncte sunt mobile.

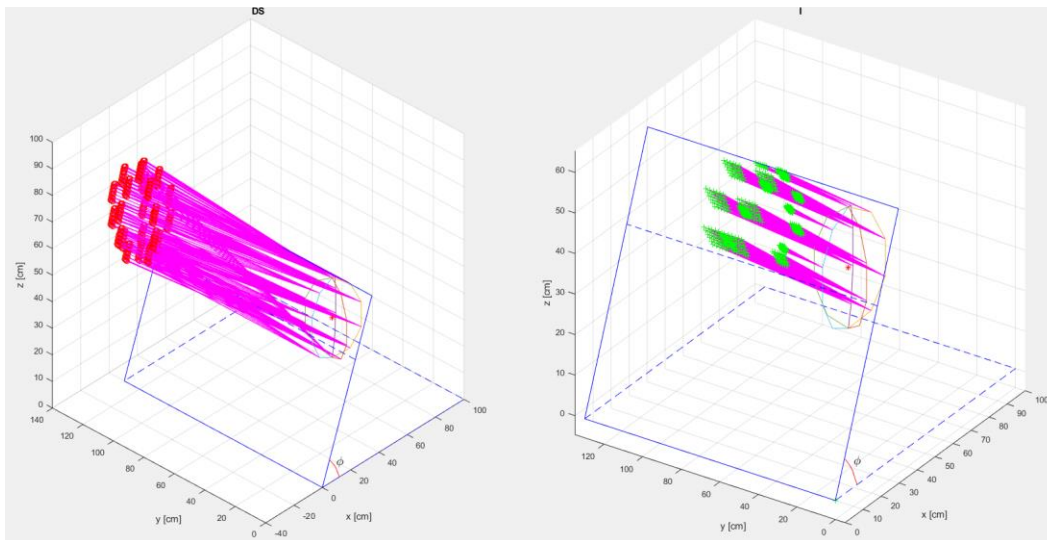


Fig. 12 Al patrulea șcenariu de test — S și D sunt puncte mobile

După cum se știe, există și scenarii în care razele de soare sunt reflectate din drum, fiind de asemenea extrem de dăunătoare vederii. În acest caz, considerăm că se va aplica aceeași abordare, folosind un HUD și proiectând un punct (o pată) întunecat în care zona în care razele de soare reflectate produc disconfort. Analiza acestui caz specific și calculul poziției punctului întunecat pe parbriz nu sunt prezentate în această lucrare. În viitor, mediul de simulare se va înlocui cu un prototip real care poate fi testat într-un laborator, iar apoi prototipul va fi instalat pe un vehicul pentru a aborda scenarii reale.

În capitolul 7 sunt prezentate concluziile, contribuțiile personale, referitoare la cele trei obiective stabilite inițial și anume:

(i) realizarea unui model experimental, în laborator, care să permită studiul și experimentele, în condiții de repetabilitate, a tehnicilor și metodelor (existente și noi propuse de autor) pentru estimarea vizibilității în condiții de ceață;

Pentru îndeplinirea acestui obiectiv au fost prezentate două modele experimentale:

- Primul, de dimensiuni 100cm x 30cm x 60cm (Lxlxh), în care să se realizeze experimente ce nu necesită o distanță mare de măsurare dar și pentru realizarea unei perdele înguste de ceață, de doar 30cm;
- cel de-al doilea, de dimensiuni 300cm x 48cm x 47cm (Lxlxh), în care să se poată realiza analogia între rezultatele oferite de sistemul automat și acuitatea vizuală a unor observatori umani și a respecta cerințele oftalmologice.

(ii) elaborarea unei soluții practice - prin care conducătorii auto, ori autovehiculele autonome sunt informați de condițiile de vizibilitate - care să conducă la creșterea siguranței traficului rutier;

Soluția la care s-a ajuns, un sistem colaborativ, este prezentată în capitolul 5 al tezei.

Legat de acest obiectiv, s-au testat și s-au analizat într-un mod original, următoarele metode:

- Absorbția fasciculului laser în ceață monitorizată cu o camera video (modelul experimental de 100 cm);
- Dispersia fasciculului laser în ceață monitorizată cu o camera video (modelul experimental de 100 cm);
- Analiza influenței ceții asupra puterii optice a diferitelor surse de lumină (LED, Laser) și corelarea cu acuitatea vizuală;
- Analiza influenței ceții asupra unui fascicul laser (transmisie direct) și corelarea cu acuitatea vizuală (modelul experimental de 300 cm);
- Analiza influenței ceții asupra unor dispozitive bazate pe dispersia retrogradă – Telemetru și Lidar (modelul experimental de 300 cm);
- Influența dimensiunilor particulelor de ceață asupra surselor de lumină și a vizibilității;
- Eliminarea ceții din imagini aplicând diferiți algoritmi de procesare de imagini.

- Prezentarea principiilor ce pot duce la proiectarea unui sistem staționar (ce mai apoi poate deveni chiar și mobil) care pe baza unor măsurători optice de putere calculează un coeficient de atenuare ce mai apoi duce la estimarea unei distanțe de vizibilitate.

(iii) evitarea obirii șoferului, datorată strălucirii soarelui, prin introducerea unui sistem de parasolar dinamic;

Este propus un sistem capabil să protejeze șoferii împotriva efectului de orbire cauzat de rezele soarelui, foarte avantajos și din punct de vedere al costurilor de implementare, folosind tehnologii existente, care pot fi găsite deja într-o mașină de înaltă performanță:

- senzor de urmărire a soarelui pentru a detecta punctul în care lumina are intensitatea maximă pe suprafața parbrizului;
- un sistem de urmărire a ochilor pentru a afla poziția șoferului;
- un head-up display (HUD), pentru a proiecta pe parbriz o „pată” neagră și a reduce astfel la minimum puterea luminii exterioare care perturbă șoferul;

Rezultatele au fost verificate și evidențiate folosind mediu MATLAB, în care s-au simulat diverse scenarii ce pot fi întâlnite în viața reală.

Rezultatele cercetărilor au fost validate prin publicarea a 10 lucrări științifice dintre care 7 în domeniul tezei, prezentate la conferințe internaționale de prestigiu și jurnale, 5 lucrări fiind indexate în Web of Science. Două dintre publicații [8] și [9] sunt premergătoare subiectului tezei.

Tematica publicațiilor este foarte bine structurată, acoperind aproape toate contribuțiile tezei.

Autorul are un brevet de invenție european în domeniul automotive (https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=7&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20180411&CC=EP&NR=3305580A1&KC=A1) și 2 lucrări în curs de publicare în jurnale, toate acestea dovedind valoarea sa de cercetător format.

Lucrările publicate în calitate de autor/coautor, aferente temei de cercetare, sunt referite pe parcursul tezei și indicate la secțiunea Bibliografie.

Bibliografie selectivă

- [1] H. Koschmieder, Theorie der horizontalen sichtweite, Beitrage zur Physik der freien Atmosphere, 1924.
- [2] K. He, J. Sun și X. Tang, „Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior,” în *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Volume: 33, Issue: 12, Dec. 2011)*, 2011.
- [3] **R. Miclea** și I. Silea, „Visibility Detection in Foggy Environment,” în *Control Systems and Computer Science 2015 20th International Conference, Bucharest 27-29 May 2015, pp 959-964*, 2015.
- [4] I. Silea, **R. Miclea** și F. Alexa, „System for Visibility Distance Estimation in Fog Conditions based on Light Sources and Visual Acuity,” în *EEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)*, 2016.
- [5] **R. Miclea**, I. Silea și C. Dughir, „Experimental Model for validation of anti-fog technologies,” în *Second International Scientific Conference on IT, Tourism, Economics, Management and Agriculture (ITEMA)*, pages 914-922, 2017.
- [6] **R. Miclea**, I. Silea și F. Sandru, „Digital Sunshade Using Head-up Display,” în *Soft Computing Applications (SOFA 2016) - Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 633. Springer, Cham*, 2016.
- [7] V.-I. Ungureanu, **R. Miclea**, A. Korodi și I. Silea, „A Novel Approach against Sun Glare to Enhance Driver Safety,” *Applied Science*, vol. 10, nr. 9, 2020.
- [8] Florin-Daniel Sandru, Sorin Nanu, Ioan Silea, **Razvan-Catalin Miclea**, "Kalman and Butterworth filtering for GNSS/INS data", Published in: 12th IEEE International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC), pages 256-260 Publisher: IEEE, Date and Location of Conference: 27-28 Oct. 2016, Timisoara, Romania; INSPEC Accession Number: 16540790, DOI: 10.1109/ISETC.2016.7781106, Published in: 2016
- [9] Florin-Daniel Sandru, Ioan Silea, **Razvan-Catalin Miclea**, "LoRa® based multi-sensor system for heavy-duty vehicle detection in restricted areas", Published in: 1st International Conference on Computational Methods and Applications in Engineering ICCMAE 2018, Date and Location of Conference: 23-26 mai 2018, Timisoara, Romania; INSPEC Accession Number:

DOI: 10.1051/itmconf/20192903005, Published in: 2019

[10] Răzvan-Cătălin Miclea, Ioan Silea, Florin Alexa, Ciprian Dughir "Visibility Enhancement and Fog detection – solutions presented in recent scientific papers", *Accepted*, 5th ICICT 2020 (Proceedings by Springer), February 2020, London, United Kingdom

TIMIȘOARA

Octombrie, 2020