

## RAPORT DE ACTIVITATE

**Titlu proiect:** Tehnici digitale pentru controlul și optimizarea traficului rutier prin utilizarea de algoritmi de inteligență artificială

Etapa: 1 (11.04.2023 – 31.07.2023)

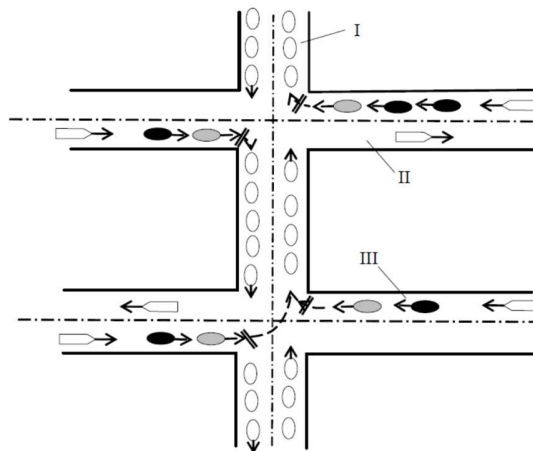
Obiectivele primei etape sunt:

1. Evaluarea preocupărilor actuale de îmbunătățire a calității și performanțelor traficului urban prin fluidizare și reducere a noxelor;
2. Generarea și colectarea unui set de date pentru intersecții conectate din București.

### 1. Congestia rutieră

Transporturile sunt fundamentale pentru economia și societatea noastră. Mobilitatea este vitală pentru piața internă și pentru calitatea vieții cetățenilor, în condițiile în care aceștia se bucură de libertatea de a călători. Congestia rutieră este o preocupare majoră, în special în sectorul rutier și în spațiul aerian, compromițând accesibilitatea [1].

În general, absența congestiei este interpretată ca nivelul de cerere pentru o zonă a infrastructurii rutiere pentru care traficul nu are cozi de așteptare semnificative. Nu este exclusă prezența cozilor scurte, formate ocazional, dar care nu persistă în timp, precum și a vârfurilor temporare de trafic care nu depășesc capacitatea tronsonului/intersecției. Congestia apare atunci când traficul se apropie sau depășește valoarea maximă a capacității segmentului/intersecției.



*Figura 1 - Efecte congestie rutieră*

Congestia poate fi primară, estimată prin apariția cozilor de așteptare la intersecții, sau secundară (indirectă), cauzată de perturbarea altor intersecții în urma congestiei primare. În Figura 1 se poate identifica congestia primară pe tronsonul I și congestia secundară pe tronsoanele II și III.

De-a lungul timpului s-au căutat soluții urbanistice care să satisfacă necesitatea de mobilitate ale populației. Dacă o să analizăm poze făcute în același loc în mai multe momente ale evoluției, o să remarcăm că rețeaua stradală este cea mai persistentă în timp față de clădiri care se reconstruiesc. Un exemplu foarte bun este sugerat în Figura 2 unde este reprezentată intersecția comercială Times Square din cartierul Manhattan al orașului New York City (USA) în anii 1900 și 2020. Cele două imagini reflectă realitatea din cele două perioade istorice. Se poate observa că infrastructura stradală din 2020 a rămas aproape identică (chiar puțin redusă ca dimensiune) cu cea din 1900, față de infrastructură clădirilor care s-a modificat în întregime. În 2020 populația, care locuiește în blocurile de tip zgârie-nori, a devenit mai numeroasă ca în 1900, iar numărul de mașini a crescut semnificativ. Acest fenomen s-a răspândit în majoritatea orașelor importante de pe glob.



*Figura 2 - Times Square, New York City (USA) comparație pentru infrastructura stradală (1900, 2020)*

## **2. Tipuri de măsurători de trafic rutier**

Pentru a cuantifica gradul de congestie al infrastructurii rutiere sunt necesare măsurători ale parametrilor utilizați pentru a descrie dinamica traficului. Din categoria măsurătorilor de trafic rutier pot fi menționate :

1. Contorul de trafic rutier: este un contor de tip totalizator cu detecție electromagnetică destinat înregistrării numărului de autovehicule care trec printr-o secțiune de drum. Acest dispozitiv funcționează pe baza modificării inductanței într-o buclă inductivă montată pe partea carosabilă a drumului și alimentată cu o tensiune de înaltă frecvență. Exemplu: contori de trafic de tip ISAF – MCSD, ADR 2000, ADR 3000 (PEEK);
2. Recunoașterea automată a plăcuțelor de înmatriculare (eng. Automatic number-plate recognition – ANPR);
3. Urmărire prin Bluetooth și Wi-Fi;
4. Urmărire prin GPS;
5. Sondaje în trafic, al căror scop este acela de a colecta date ce reflectă realitatea traficului dintr-o anumită zonă;
6. Camere video de tip CCTV și 3D [2];
7. Vehicule de sondare care colectează date referitoare la condițiile de trafic, starea carosabilului și împrejurimi.

### ***3. Sisteme de management al traficului rutier***

Unul dintre cele mai vechi cazuri de control al traficului rutier datează din Londra anilor 1722, cu mult înaintea invenției automobilului, când efectele negative ale congestiei de pe London Bridge erau resimțite. Atunci, bărbații erau angajați pentru a controla traficul, adresând două dintre problemele existente încă în prezent: ambuteiajele și siguranța în trafic. Curând, polițiștii aveau să gestioneze traficul, iar noi măsuri pentru îmbunătățirea siguranței în trafic au fost luate odată cu apariția primelor marcaje ale drumurilor la începutul anilor 1900, urmate de reglementări privind traficul.

În anii '20, centre de management al traficului au fost deschise în marile orașe pentru a oferi o mai bună imagine de ansamblu a situației din trafic. Primele semafoare pe gaz au apărut în Londra în 1868, iar semafoarele electrice au fost utilizate la începutul secolului XX. [3]

După al Doilea Război Mondial, numărul mașinilor private a explodat, iar traficul a început să crească exponențial. Au apărut noi tehnologii, iar sistemele de management automat al traficului au devenit un standard. Invenții ca buclele inductive au făcut posibilă recunoașterea mașinilor la semafoare. Panourile de informare-avertizare cu mesaje variabile au apărut în anii '60, precum și controlul accesului pe autostrăzi.

Sistemele de trafic « inteligent » au apărut la finalul anilor '60, când centrele de management al traficului au început să se focalizeze exclusiv pe utilizarea computerelor și centralizarea sistemelor de gestionare a traficului. Au apărut noi tehnologii care au îmbunătățit funcționalitatea managementului traficului:

navigația GPS (Global Positioning System), noi tipuri de sisteme de camere video și avansul în tehnologia informației.

Exemple de sisteme de management al traficului:

1. Sisteme de control al semafoarelor;
2. Sisteme inteligente de transport [4];
3. Sisteme adaptive de control al traficului, în care timpii de așteptare la semafor se schimbă în funcție de fluxul de mașini din trafic;
4. Centre de management al traficului: centre de control destinate operațiunilor din transportul municipal sau regional;
5. Sisteme de management al incidentelor;
6. Panouri de informare-avertizare cu mesaje variabile (VMS);
7. Sisteme de control al accesului pe autostrăzi;
8. Sisteme de informare a participanților la trafic: panouri care afișează informații referitoare la condițiile de drum: întârzieri, incidente, condiții meteo, durate, alerte de urgență, rute alternative.

Aceste sisteme de gestionare a traficului pot fi combinate pentru optimizarea fluxului de autovehicule, reducerea congestiei rutiere, îmbunătățirea siguranței, creșterea eficienței transportului.

Astăzi, ne aflăm în mijlocul unei schimbări de paradigmă. Focusul asupra managementului traficului s-a mutat către managementul mobilității, unde alte mijloace de transport (de exemplu, transportul public și bicicleta) au devenit punctul de interes. Mașinile, pe de altă parte, au devenit problematice. Se așteaptă ca sistemele inteligente de management al traficului să fie capabile să soluționeze alte probleme decât fluxul de trafic și siguranța în trafic, precum poluarea aerului, care reprezintă o problemă majoră în marile orașe ale lumii. Aceste sisteme inteligente pot duce la eficientizarea traficului și reducerea consumului de combustibil. De asemenea, ele pot face mai atrăgătoare alte modalități de transport, cum ar fi transportul în comun.

O altă nouă dezvoltare din domeniul sistemelor inteligente de conducere îl reprezintă conceptul de sisteme conectate, care iau în considerare beneficiile comunicării dintre participanții la trafic, precum și comunicarea dintre participanți și infrastructură. Acest nou sistem este legat de conceptul de conducere autonomă, constituind o precondiție pentru acesta. Astfel, informațiile oferite de mașinile din trafic oferă un nou nivel de informație care va contribui la construirea unei imagini comprehensive a ceea ce se întâmplă în trafic.

Inspirat de conceptul « Internet of Things », SWARCO, companie specializată în soluții de management al traficului, dezvoltă “Intersection of Things” utilizând tehnologia SWARCO X-Line, care are la bază protocolul de comunicație CAN [5].

Implementarea Sistemelor de Transport Inteligente pe drumurile de mare viteză urmărește atingerea următoarelor obiective [6]: creșterea siguranței rutiere

prin informarea în timp real a participanților la trafic, creșterea eficienței de administrare a infrastructurii rutiere, creșterea capacității de transport, impunerea eficientă a legislației rutiere, creșterea confortului utilizatorilor.

#### **4. Baza de date**

Creșterea continuă a traficului duce la necesitatea adoptării unor soluții care să asigure sustenabilitatea în marile orașe și la remedierea efectelor nedorite precum poluarea fonică și a aerului. Reducerea traficului poate fi realizată prin următoarele metode:

- Modificarea infrastructurii;
- Îmbunătățirea transportului public/alternativ;
- Controlul traficului prin semaforizare inteligentă.

Pentru a aplica metodele de reducere a traficului este nevoie de construirea unei baze de date care să reflecte traficul real din zona analizată. Cercetarea actuală se concentrează pe studiul traficului din România, având ca studiu de caz orașul București. În anul 2022, București a fost al șaptelea cel mai aglomerat oraș din lume, potrivit unui studiu realizat de producătorul de echipamente pentru mașini TomTom Traffic. Deasemenea tot în 2022 pentru un drum de 10 km parcurs în București aveai nevoie aproximativ de 28 de minute.

Baza de date va cuprinde două părți:

- Baza de date pentru traficul internațional
- Baza de date pentru traficul din București

Baza de date va ajuta la realizarea unor algoritmi de machine learning care să ducă la optimizarea traficului. De asemenea, obținerea unor date reale va ajuta la identificarea zonelor cu probleme din București. Datele obținute vor putea fi puse și la dispoziție unor terți în mediul online pentru realizarea unor aplicații de trafic sau folosirea acestora pentru a evita zonele aglomerate și a face previziuni, statistici legate de traficul din București.

##### **4.1 Baza de date pentru traficul internațional**

Pe măsura trecerii timpului majoritatea orașelor lumii au devenit extrem de aglomerate, iar infrastructura gândită a devenit depășită. Șoferii auto se confruntă cu blocajele din trafic, o paradigmă a lumii moderne. Un studiu realizat de producătorul de sisteme de navigație TomTom scoate în evidență faptul că șoferii pierd în medie 100 de ore anual pentru un drum de naveta de 30 min. Întrebarea care se pune este cum pot unele orașe foarte mari să aibă un indice de aglomerație mic. Trebuie analizat dacă există o dependență directă între supraaglomerarea orașelor și creșterea blocajelor în trafic.

Utilizând o bază de date pusă la dispoziție de producătorul de echipamente de navigație TomTom s-a analizat dacă există o dependentă directă între supraaglomerarea orașelor și creșterea blocajelor în trafic. Au fost selectate 136 de orașe, unele dintre cele mai importante din lume și s-a extras indicele de trafic din orașele respective (exprimat în procente pentru anul 2021).

1	City	Country	Index Traffic (%)	Population
2	Hull	USA	32	10455
3	Limerick	Ireland	27	58319
4	Lugano	Switzerland	29	63185



Figura 3 - Baza de date cu indicele de trafic si numarul de locuitori din diferite orase din lume (2021)

Un indice de trafic de 50% inseamna ca durata in condiții optime a unui drum de 30 min va fi cu 50% mai mare in condiții de trafic, adica va dura 45 de min. Alături de indicele de trafic a fost adăugată populația din fiecare oraș în parte și s-a realizat graficul din Figura 4 în care se pot observa orașele reprezentate în funcție de indicele de congestie și populație.

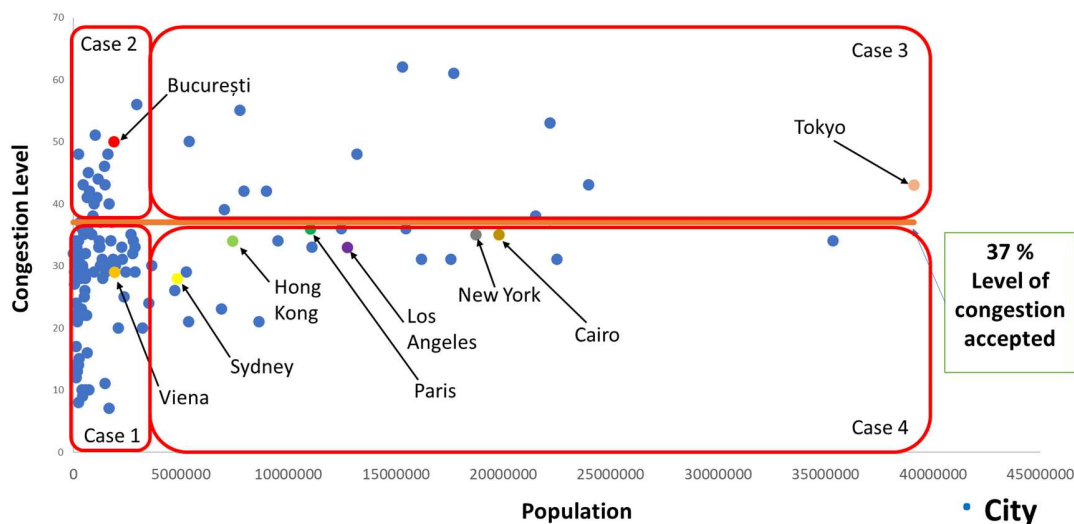


Figura 4 – Clasificarea oraselor dupa indicele de trafic si populatie (2021)

Punctele reprezintă orașe care sunt reprezentate grafic în funcție de indicele de trafic și de populația din orașul respectiv. Se consideră un indice acceptabil al traficului de 37% (un drum care ar dura 30 min, ajunge la 41 de min). Linia

portocalie împarte graficul în două părți: orașe cu trafic ridicat și orașe cu trafic scăzut. Chenarele rosii reprezintă cele patru cazuri în care se poate găsi un oraș: cazul 1 (trafic scăzut și populație sub 4 mil.), cazul 2 (trafic ridicat și populație sub 4 mil.), cazul 3 (trafic ridicat și populație peste 4 mil.), cazul 4 (trafic scăzut și populație peste 4 mil.).

O legătură directă între creșterea populației și creșterea implicită a traficului nu poate fi făcută deoarece după cum se poate observa în cazul 4 există orașe suprapopulate care au un trafic redus și în același timp există orașe cu populație mică care au un trafic mai ridicat decât orașele mari. Din grafic se poate observa că orașul Paris (Franta), aflat în cazul 4, are 11 milioane de locuitori și are un indice de trafic de 36%, în timp ce București (România), aflat în cazul 2, are 2 milioane de locuitori (o populație relativ mică) și un indice de trafic mare de 50%.

Pentru a găsi rezolvarea în cazul aglomerațiilor urbane trebuie implementate metodele folosite de autoritățile din orașele din cazul 4 pentru a reduce traficul și anume:

- Modificarea infrastructurii;
- Îmbunătățirea transportului public/alternativ;
- Incurajarea cetățenilor pentru a folosi mijloacele alternative de transport față de mașina personală;
- Controlul traficului prin semaforizarea inteligentă;
- Introducerea sensurilor giratorii în locurile care permit acest lucru.

#### 4.2 Baza de date pentru traficul din București

În București, în diverse puncte stradale, s-au măsurat periodic la un interval de 15 minute numărul de mașini implicate în trafic cu ajutorul unor bucle inductive (Figura 5.c). Aceste valori au fost stocate într-o bază de date care cuprinde secțiunea în care s-au făcut măsurători, direcția de deplasare a mașinilor, dată și ora, numărul de mașini implicate în trafic și valoarea medie a fluxului pe minut (Figura 5.a,b). Baza de date conține 72 413 de înregistrări.

Road	SectionNo	From	To	Timestamp	VehicleFlow	Flow/min	Area	Average
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 0:15	156	10.4	Unirii	34
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 0:30	132	8.8	Sos.Kiseleff	35
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 0:45	228	15.2	Dacia - Dorobantilor	37
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 1:00	192	12.8	Carol	53
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 1:15	180	12	Str.Halelor	153
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 1:30	132	8.8	Stefan cel mare	84
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 1:45	96	6.4	B-dul Dacia	25
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 2:00	108	7.2	Lascar Catargiu	79
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 2:15	84	5.6	Calea Victoriei	54
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 2:30	84	5.6	Iancu de Hunedoara	47
B-dul- Dacia	4.1	Calea Victoriei - B.dul Dacia	Piata Romana	10/23/2008 2:45	84	5.6	B-dul Carol	33

a.

...

b.

...

c.

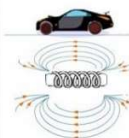


Figura 5 – Baza de date a traficului din Bucuresti (a,b), Bucle inductive (c)

În Figura 5.a este reprezentată baza de date principală, iar în Figura 5.b este realizată o medie a fluxului de mașini/min pentru mai multe măsurători ale traficului din aceeași zonă. În urma calculelor efectuate pe baza numărului de mașini măsurat, a rezultat că în medie fluxul pe drumurile din București este de 69 de mașini/minut.

### 5. Prelucrări de date

Pentru a avea acces la date din trafic în timp real s-a optat pentru achiziția unei drone DJI Mini 2 SE (Figura 6), ce permite efectuarea de filmări video ce pot fi procesate pentru a obține valorile fluxurilor rutiere.

DJI Mini 2 SE are un design pliabil și o greutate de 246 g [6]. Cu Vision System în partea de jos și un sistem de detecție cu infraroșu, DJI Mini 2 SE poate zbura atât în interior, cât și în exterior și inițiază automat întoarcerea la domiciliu (RTH). Cu un gimbal cu 3 axe complet stabilizat și camera cu un senzor de 1/2,3", DJI Mini 2 SE realizează video de 2,7K și fotografii de 12MP. DJI Mini 2 SE este echipat cu telecomanda DJI RC-N1, cu sistemul de transmisie OCUSSYNCTM 2.0, care oferă o rază maximă de transmisie de 10 km și calitate video de până la 720p de la aeronava la aplicația DJI Fly de pe un dispozitiv mobil. Telecomanda funcționează atât la 2,4 GHz, cât și la 5,8 GHz, și este capabilă să selecteze cel mai bun canal de transmisie în mod automat, fără latență. DJI Mini 2 SE are o viteză maximă de zbor de 57,6 km/h (36 mph) și o durată maximă de zbor de 31 minute, în timp ce durata maximă de funcționare a telecomenzii este de șase ore.



Figura 6. Drona DJI mini2 SE

Pentru analiza datelor video au fost analizate diferite instrumente software pentru prelucrarea datelor obținute din trafic: OpenVINO, DeepStream SDK, YOLOv4, TensorFlow Object Detection API, Camlytics. Prin utilizarea Camlytics s-au obținut măsurătorile ilustrate în Figura 7.



Cu ajutorul dronei se pot realiza filmări în mai multe intersecții din București pentru a actualiza baza de date. Cu programul Camlytics se pot număra vehiculele care trec printr-o anumită zonă a drumului. În Figura 7.a,b se poate observa că mașinile numărate sunt încadrate în chenare verzi. S-a definit o zonă de interes în care se vor număra mașinile, iar în momentul în care o mașină trece prin zona de Enter sau Exit aceasta este contorizată. Pentru a putea accesa cât mai ușor datele legate de trafic a fost realizată o aplicație care permite afișarea datelor din cele două baze de date (Figura 7.c). După implementarea unui server, datele vor putea fi accesate și în mod online.

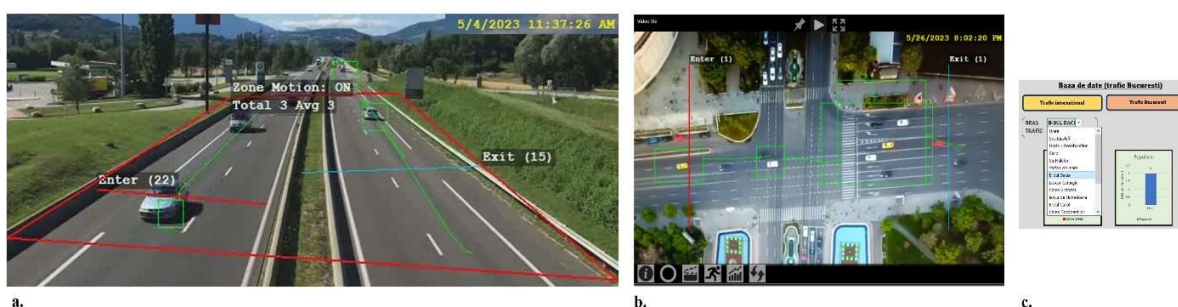


Figura 7 - Analiză trafic cu ajutorul programului Camlytics (a,b), Aplicație pentru baza de date (c)

## 6. Diseminare rezultate

Rezultate parțiale ale cercetărilor au fost sau urmează să fie prezentate în cadrul unor manifestări științifice, după cum urmează:

1. C.Dimon, M. Teme, M.A. Mone, C. Petrescu, Utilitatea semaforizării inteligente în decongestionarea traficului rutier, Conferința științifică de primăvară AOSR, Transformarea digitală în științe, 19 mai 2023, București, România.
2. C.Dimon, M. Teme, M.A. Mone, Tehnici digitale pentru controlul și optimizarea traficului rutier prin utilizarea de algoritmi de inteligență artificială, Sesiunea științifică AOSR Tineri cercetători, 7 iulie 2023, București, România.
3. R.Bilbiie, D.Popescu, C.Dimon, M.Teme, P.Borne, Game theory system optimization in a supplier-customer transport network, 10th International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2023), 12-14 august 2023, Oxford, Marea Britanie.

## 7. *Perspective de dezvoltare*

Cercetările vor fi continuate cu următoarele direcții:

1. Achiziții de date pentru îmbunătățirea estimărilor din trafic și actualizarea bazei de date, cu instalarea unui server pentru a permite accesibilitatea datelor stocate.

2. Realizarea unei rețele compartimentale sub forma unui graf orientat, pentru a modela mai multe intersecții interconectate, având ca rezultat modelarea unei zone urbane.

3. Utilizarea teoriei jocurilor pentru a optimiza costurile într-un sistem de transport furnizor-client, pe baza unei rețele cauzale.

4. Realizarea unui algoritm pentru optimizarea timpului de parcurs în cadrul unei rețele orientate.

## **Bibliografie**

[1] [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144)

[content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144)

[2] <https://www.infracontrol.com/en/its/traffic-measurement/>

[3] <https://www.swarco.com/solutions/traffic-management>

[4] [https://publications.europa.eu/resource/ellar/3ac6bafe-991a-4cff-88f1-04a44081059d.0014.03/DOC\\_1](https://publications.europa.eu/resource/ellar/3ac6bafe-991a-4cff-88f1-04a44081059d.0014.03/DOC_1)

[5] <https://www.swarco.com/intersection-things>

[6] <https://www.dji.com/global/mini-2-se>

Director proiect,  
S.l.dr.ing. Cătălin Dimon

