



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

**Identificarea și monitorizarea factorilor de risc interni și externi pentru
siguranța traficului auto - INOVSAFE PN-III-P1-1.1-PD-2021-0247**

Echipa de cercetare: Răzvan Itu, Radu Dănescu

RAPORT FINAL

Obiective propuse și realizate	2
Activități	3
Diseminare rezultate (tot proiectul)	6
Rezumat obiective	6
Indicatori de rezultat:	7
Impactul rezultatelor obținute:	7
Pagină proiect	7
Concluzii	7

Obiective propuse și realizate

Obiectivele prezentate în propunerea de proiect sunt următoarele:

O1. Crearea unei platforme hardware și software pentru achiziția, vizualizarea, organizarea și procesarea datelor de imagine și senzoriale (en. "Creating a hardware and software platform for the image and sensorial data acquisition, visualization, organization and processing").

În cadrul proiectului de cercetare, am realizat un sistem de achiziție a datelor senzoriale, folosind atât dispozitive mobile portabile cu sistem de operare Android, cât și un sistem de achiziție format dintr-un aparat foto digital DSLR. Achiziția datelor poate fi efectuată și într-un mediu controlat, beneficiind de anumite simulatoare 3D, cum ar fi simulatorul Carla, pe care l-am instalat și configurat.

Configurația experimentală a inclus un computer desktop dotat cu un procesor Intel Core i7 și două plăci video Nvidia 1080 Ti. Dezvoltarea software-ului pentru această configurație a fost realizată în limbajul de programare Python, cu ajutorul framework-urilor TensorFlow și Keras.

Pentru a integra modelele dezvoltate într-o singură stație de lucru, am asigurat disponibilitatea tuturor datelor pe același sistem/desktop. Am adoptat un format standardizat pentru toate imaginile și informațiile din bazele de date publice, precum și pentru datele generate din simulator, toate accesibile printr-un sistem desktop.

O2. Extragerea caracteristicilor relevante ale scenei de trafic din imagini monoculare (en. "Extracting the relevant traffic scene features from monocular images").

Extragerea trăsăturilor relevante din imagini din traficul rutier se poate realiza prin intermediul rețelelor neuronale convoluționale. În cadrul proiectului propus, am optat pentru utilizarea unei rețele de tip U-Net, bazată pe arhitectura de tipul "encoder-decoder" (codificare - decodificare). Acest tip de rețele oferă predicții precise, chiar și atunci când sunt antrenate cu un număr limitat de imagini sau date de intrare, datorită conexiunilor directe între nivelurile "encoder" și "decoder".

Am dezvoltat o variantă proprie bazată pe ResNet50, iar în implementarea proiectului am folosit o primă variantă scrisă în limbajul de programare Python pentru biblioteca PyTorch, iar ulterior am folosit biblioteca Keras. Această arhitectură de rețea neurală convoluțională a fost utilizată pentru percepția traficului, având ca obiectiv identificarea obstacolelor din fața vehiculului propriu, iar rezultatele obținute au fost valorificate prin publicarea într-un jurnal indexat ISI.

O3. Analiza stării ego-vehiculului și a comportamentului șoferului din imagini de trafic și datele vehiculului (en. "Analyzing ego-vehicle state and driver behaviour from traffic imagery and vehicle data").

Determinarea stării șoferului și a vehiculului propriu poate fi realizată prin analiza unei secvențe de imagini și prin evaluarea informațiilor obținute de la senzorii vehiculului. În ultimii ani, au fost propuse sisteme de predicție a pietonilor sau vehiculelor în contexte de trafic rutier, utilizând rețele neuronale recurente sau rețele de tip "LSTM" ("Long Short Term Memory"). În cadrul acestui proiect, am urmărit implementarea unei arhitecturi de rețea neuronală convoluțională capabilă să extragă trăsături comune din imaginile de trafic rutier, să combine informațiile senzoriale și să genereze predicții asupra scenei și stării vehiculului curent. Astfel, am propus utilizarea unei rețele de tip "encoder" pentru extragerea trăsăturilor relevante și două module: unul de decodificare ("decoder") pentru segmentarea semantică și analiza imaginii scenei, și un modul care să utilizeze datele senzoriale folosind o structură de rețea de tip LSTM.

Inițial, modelul implementat de mine se baza pe rețele neuronale recurente, care sunt folosite și pentru analiza stării curente a vehiculelor din traficul rutier, folosind datele din cadrele trecute. Pentru a implementa un sistem de monitorizare a stării șoferului și a vehiculului propriu, am optat pentru o soluție bazată pe o rețea neuronală convoluțională, renunțând la utilizarea unei rețele neuronale recurente, deoarece acestea au o dimensiune mai mare. Am dezvoltat un model propriu capabil să genereze predicții într-un timp mediu de aproximativ 3 milisecunde.

Activități

ETAPA 1 (01/04/2022 - 31/12/2022) - Achiziție date senzoriale, proiectare sistem și extragere date relevante

1.1 - Achiziție date senzoriale (O1, O2, O3).

În etapa 1, am realizat un sistem de achiziție date senzoriale bazat pe dispozitive mobile portabile cu sistem de operare Android, dar și folosind un sistem de achiziție compus dintr-un aparat foto digital de tip DSRL. Achiziția datelor se poate face și într-un mediu controlat folosind anumite simulatoare 3D. Pentru acest proiect am instalat și configurat simulatorul Carla.

1.2 - Proiectare, antrenare și evaluare rețele neuronale și algoritmi pentru a extrage date relevante din traficul rutier (O2) - partea 1

Am implementat o rețea de tip U-Net, care este bazată pe arhitectura "encoder-decoder" (codificare - decodificare), iar structura rețelei este bazată pe ResNet50.

1.3 - Proiectare, antrenare si evaluare retele neuronale si algoritmi pentru a monitoriza starea soferului si a vehiculului propriu (O3) - partea 1

Starea soferului si a vehiculului propriu se poate determina prin analiza unei secvente de imagini si prin analiza informatiilor achizitionate de la senzorii vehiculului, iar pentru aceasta activitate am folosit o implementare proprie a unei retele bazate pe CNN și LSTM.

1.4 - Implementarea sistemului de procesare pe sisteme desktop (O2, O3) - partea 1

Sistemul de procesare pentru sistem desktop este implementat folosind bibliotecile software open-source disponibile (TensorFlow, Keras și PyTorch).

1.5 - Diseminare rezultate: 1 conferinta, 1 jurnal (O1, O2, O3) - partea 1

Rezultatele au fost diseminate într-un jurnal indexat ISI:

Razvan Itu, Radu Danescu, "Part-Based Obstacle Detection Using a Multiple Output Neural Network", Sensors, Vol. 22, No. 12, 2022, Art. No. 4312. [ISI – Q1, zona roșie]

ETAPA 2 (01/01/2023 - 31/12/2023) - Implementare sistem de percepție și analiză

2.1 - Proiectare, antrenare si evaluare retele neuronale si algoritmi pentru a extrage date relevante din traficul rutier (O2) - partea 2

În etapa 2, am realizat o implementare proprie a rețelei SS-LSTM pentru a extrage informațiile din scena de trafic. Arhitectura SS-LSTM este concepută pentru manipularea datelor spațiotemporale.

2.2 - Proiectare, antrenare si evaluare retele neuronale si algoritmi pentru a monitoriza starea soferului si a vehiculului propriu (O3) - partea 2

Pentru a implementa un sistem de monitorizare a stării șoferului și a vehiculului propriu am ales folosirea unei soluții bazată pe o rețea convoluțională neuronală, și nu prin folosirea unei rețele neuronale recurente. Modelul propus de mine are un total de ~4.9 milioane de parametri antrenabili și un timp mediu de predicție de ~3 milisecunde.

2.3 - Implementarea sistemului de procesare pe sisteme desktop (O2, O3) - partea 2

Configurația experimentală folosește un computer desktop echipat cu un procesor Intel Core i7, împreună cu două plăci video Nvidia 1080 Ti. Dezvoltarea software pentru configurația experimentală este realizată în limbajul de programare Python și cu ajutorul framework-urilor TensorFlow și Keras.

2.4 - Integrarea rețelelor neuronale si algoritmilor de viziune artificiala intr-un singur sistem cadru de procesare (O2, O3)

Pentru a integra modelele dezvoltate într-o singură stație de lucru, trebuie să mă asigur mai întâi că toate datele sunt disponibile pe același sistem/desktop. Am adoptat un format standardizat propriu pentru toate imaginile și informațiile din bazele de date publice, precum și pentru datele generate din simulator. Acestea sunt accesibile printr-un sistem de tip desktop.

2.5 - Migrarea sistemului cadru de procesare pe sisteme mobile de procesare (O1, O2) - partea 1

Pentru a migra sistemul pe dispozitive portabile sau mobile, a trebuit să proiectez și să propun o rețea neuronală ușoară care să se potrivească cu constrângerile de memorie și alte restricții hardware ale acestor dispozitive. Abordarea utilizată în general constă în exportarea modelului propus folosind instrumentele disponibile.

2.6 - Diseminare rezultate: 1 conferință, 1 jurnal (O1, O2, O3) - partea 2

Rezultatele au fost diseminate la 2 conferințe internaționale:

1. Razvan Itu, Radu Danescu, "On-Board Estimation of Vehicle Speed and the Need of Braking Using Convolutional Neural Networks", In Proceedings of the 20th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics - Volume 1 (ICINCO), 2023, SciTePress, pp. 600-607.

2. Razvan Itu, Radu Danescu, "Predicting Emergency Braking in Vehicles Using a CNN with Sequential Image and Velocity Data", 2023 IEEE 19th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2023), 2023, pp. 41-47.

Totodată, a fost trimisă spre publicare o lucrare de jurnal, care în momentul finalizării etapei a doua a proiectului era acceptată spre publicare.

ETAPA 3 (01/01/2024 - 31/03/2024) - Testare, validare și integrare sistem (O1, O2, O3)

3.1 - Migrarea sistemului cadru de procesare pe sisteme mobile de procesare (O1, O2) - partea 2

În etapa 3, am implementat o variantă optimizată a modelului propus de mine. Această variantă este capabilă să execute predicții (inferență) pe platforme cu hardware redus de tip embedded, iar implementarea am făcut-o pe Nvidia Jetson Nano.

3.2 - Diseminare rezultate (O1, O2, O3) - partea 3

Rezultatele au fost diseminate într-un jurnal indexat ISI:

Razvan Itu, Radu Danescu, "Fully Convolutional Neural Network for Vehicle Speed and Emergency-Brake Prediction", Sensors, Vol. 24, No. 1, 2024, Art. No. 212.

Diseminare rezultate (tot proiectul)

Conferințe (indexate ISI):

1. Razvan Itu, Radu Danescu, "On-Board Estimation of Vehicle Speed and the Need of Braking Using Convolutional Neural Networks", In Proceedings of the 20th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics - Volume 1 (ICINCO), 2023, SciTePress, pp. 600-607.
2. Razvan Itu, Radu Danescu, "Predicting Emergency Braking in Vehicles Using a CNN with Sequential Image and Velocity Data", 2023 IEEE 19th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2023), 2023, pp. 41-47.

Jurnale ISI:

1. Razvan Itu, Radu Danescu, "Part-Based Obstacle Detection Using a Multiple Output Neural Network", Sensors, Vol. 22, No. 12, 2022, Art. No. 4312.
2. Razvan Itu, Radu Danescu, "Fully Convolutional Neural Network for Vehicle Speed and Emergency-Brake Prediction", Sensors, Vol. 24, No. 1, 2024, Art. No. 212.

Rezumat obiective

Obiectivele prezentate în propunerea de proiect sunt următoarele:

- O1. Crearea unei platforme hardware și software pentru achiziția, vizualizarea, organizarea și procesarea datelor de imagine și senzoriale (en. "Creating a hardware and software platform for the image and sensorial data acquisition, visualization, organization and processing").
- O2. Extragerea caracteristicilor relevante ale scenei de trafic din imagini monoculare (en. "Extracting the relevant traffic scene features from monocular images").
- O3. Analiza stării ego-vehiculului și a comportamentului șoferului din imagini de trafic și datele vehiculului (en. "Analyzing ego-vehicle state and driver behaviour from traffic imagery and vehicle data").

Gradul de realizare al obiectivelor:

- Obiectivul 1 este realizat complet.
- Obiectivul 2 este realizat complet.
- Obiectivul 3 este realizat complet.

Indicatori de rezultat:

Articole ISI: 2 articol de jurnal aprobate și publicate (ISI Q1 - zona roșie)

Articole conferințe ISI: 2 articole susținute în conferințe, publicate și indexate

Au fost publicate 2 articole în jurnale indexate ISI, câte unul pentru fiecare an al proiectului, dar au fost prezentate și două lucrări în cadrul unor conferințe internaționale (indexate ISI).

Impactul rezultatelor obținute:

Rezultatele obținute vor avea impact în dezvoltarea și implementarea de sisteme de conducere autonomă a vehiculelor sau platformelor robotice, cu cel mai mare impact fiind legat de îmbunătățirea siguranței prin predicția vitezei vehiculului propriu direct din imaginile de trafic rutier, soluție care poate fi extinsă și pentru alte scenarii (exemplu robot autonom dintr-o fabrică). Astfel, cel mai semnificativ rezultat se referă la predicția vitezei proprii direct din imagini, ceea ce contribuie la estimarea stării curente a vehiculului propriu și la analiza comportamentului șoferului.

Pagină proiect

<http://cv.utcluj.ro/inovsafe>

Concluzii

Am implementat obiectivele propuse în cadrul proiectului de cercetare și am atins indicatorii de rezultat propuși.

Director proiect,

Sl.Dr.Ing. Razvan Itu