

ȘCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: Inginerie Mecanică

Ing. Alin DROSU

TITLU: Studii și cercetări privind influența condițiilor de mediu asupra traficului rutier și a accidentelor de circulație.

TITLE : Studies and researches regarding the environmental factors' influence on road traffic and road accidents.

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător științific

Prof.dr.ing. Corneliu COFARU

BRAȘOV, 2021

D-lui (D-nei)

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Brașov

Nr. din

PREȘEDINTE:

Prof.dr.ing. Mircea NĂSTĂSOIU

Prodecan al Facultății de Inginerie Mecanică - Universitatea
Transilvania din Brașov.

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof.dr.ing. Corneliu COFARU

Universitatea Transilvania din Brașov.

REFERENȚI:

Prof.dr.ing. Nicolae FILIP

Universitatea Tehnică din Cluj Napoca.

Prof.dr.ing. Laurențiu MANEA

Universitatea Ovidius din Constanța.

Prof.dr.ing. Adrian ȘOICA

Universitatea Transilvania din Brașov.

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat: 24 septembrie 2021, ora 10:00, sala INA.

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vor fi transmise electronic, în timp util,
pe adresa drosu.alin.gabriel@unitbv.ro

Totodată, vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim.

CUVÂNT ÎNAINTE

Dezvoltarea unei mobilități sigure și sustenabile constituie un deziderat major al tuturor statelor, fiind, fără doar și poate, una dintre țintele pe care acestea și le-au asumat a fi atinse în viitorul apropiat. Studiarea influenței factorilor de mediu asupra desfășurării traficului rutier este de mare interes pentru cercetători, nu atât prin prisma faptului că prezența acestora afectează bunul mers al economiilor internaționale prin afectarea industriei transporturilor, ci mai ales cât pentru complexitatea lor. Condițiile de mediu, în special factorii meteorologici, sunt fenomene complexe, de scurtă durată, ceea ce le oferă un grad major de impredictibilitate și de dificultate în a fi cercetate.

Iată de ce tema prezentei lucrări de doctorat a constituit o provocare nu numai pentru mine, dar și pentru colectivul alături de care, și cu ajutorul căruia, am putut să duc la bun sfârșit această teză.

Tocmai de aceea, odată cu finalizarea tezei, doresc să aduc mulțumirile mele sincere Domnului Prof. Dr. Ing. Corneliu COFARU pentru ajutorul, îndrumarea și sprijinul oferit pe toată perioada elaborării tezei de doctorat și a lucrărilor publicate. Finalizarea acestei teze nu ar fi fost posibilă fără răbdarea, încurajările și sfaturile pe care le-am primit din partea Domnului Profesor Dr. Ing. Cofaru, insuflându-mi optimismul și motivarea necesară pentru derularea documentării, studiilor și cercetărilor realizate. Pentru mine a fost o onoare să pot publica această teză sub îndrumarea sa științifică.

De asemenea, aduc mulțumirile mele Domnului Prof. Dr. Ing. Nicolae ISPAS, Domnului Prof. Dr. Ing. Mircea NĂSTĂSOIU și Domnului Prof. Dr. Ing. Adrian ȘOICA, membrii Comisiei de Îndrumare, de a căror experiență am beneficiat de-a lungul dezvoltării tezei de doctorat.

Doresc să mulțumesc Domnului Dr. Ing. Dinu COVACIU și Domnului Conf. Dr. Ing. Dragoș DIMA pentru sprijinul necondiționat și profesional pe care mi l-au acordat în realizarea testelor experimentale.

Mulțumesc și familiei mele pentru înțelegerea de care au dat dovadă și pentru tot sprijinul moral acordat în tot acest timp.

De asemenea, doresc să mulțumesc colegilor mei din cadrul Automobil Clubului Român, în special Președintelui ACR, Domnului ing. Constatin NICULESCU - pentru înțelegerea și răbdarea pe care mi-a oferit-o în această perioadă, precum și Domnului dr. Ilie GABRA - pentru determinarea și motivarea cu care m-a încurajat în demararea acestei teze de doctorat.

Nu în ultimul rând, aș dori să mulțumesc Universității Transilvania din Brașov pentru oportunitatea pe care mi-a oferit-o pentru realizarea testelor experimentale. Cred cu tărie că dezvoltarea cercetărilor în domeniul siguranței rutiere ar trebui să constituie o prioritate pentru asigurarea unui viitor mai sigur al comunităților din țara noastră!

CUPRINS

	Pag.	Pag.
	teză	rez.
1. INTRODUCERE	1	9
1.1 Importanța și actualitatea temei	1	9
1.2 Structura tezei de doctorat	6	15
2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND ANALIZA TRAFICULUI RUTIER ȘI INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ASUPRA ACCIDENTELOR DE CIRCULAȚIE	8	16
2.1 Sistemul traficului rutier.....	8	16
2.2 Parametrii traficului rutier.....	10	18
2.2.1 Parametrii microscopici.....	11	18
2.2.2 Parametrii macroscopici.....	13	20
2.3 Factorul uman în traficul rutier.....	14	21
2.4 Analiza influenței caracteristicilor vehiculelor asupra traficului rutier	19	-
2.5 Analiza conflictelor de trafic rutier	20	23
2.5.1 Definirea conflictelor de trafic rutier	20	-
2.5.2 Tehnici de determinare a conflictelor de trafic rutier	31	-
2.6 Analiza influenței mediului înconjurător asupra traficului rutier	31	-
2.7 Siguranța traficului rutier	33	24
2.8 Sisteme avansate de transport rutier	34	-
2.9 Definirea accidentelor de circulație	36	-
2.10 Analiza comportamentală a utilizatorilor drumurilor la deplasări în diverse condiții de mediu.	37	25
2.10.1 Comportamentul utilizatorilor drumului în diferite condiții de luminozitate	37	25
2.10.2 Comportamentul utilizatorilor în condiții de ceață	39	
2.11 Riscuri de producere a accidentelor de circulație	40	26
2.12 Modul de producere a unui accident rutier	45	
2.13 Factori de mediu care influențează producerea accidentelor de circulație	47	27
2.14 Parametrii siguranței rutiere	52	29

2.14.1	Noțiuni introductive privind parametrii siguranței rutiere	52	29
2.14.2	Indicatorii de Performanță ai Siguranței (IPS)	54	30
2.15	Modelarea și simularea accidentelor de circulație	56	-
2.15.1	Modelarea analitică a cinematicii și dinamicii accidentului	57	-
2.15.2	Studierea experimentală	59	-
2.16	Software de analiză și reconstrucție a accidentelor de circulație	59	-
2.16.1	PC – Crash	59	-
2.16.2	M – Smac	60	-
2.16.3	Virtual Crash.	60	-
2.17	Concluzii	61	32
3.	TEHNICI ȘI METODE PRIVIND MODELAREA STATISTICĂ A ACCIDENTELOR RUTIERE	64	33
3.1	Introducere	64	33
3.2	Definiții ale statisticii	64	
3.3	Tipuri de analize statistice	65	
3.4	Etapetele cercetării statistice	65	
3.5	Tipuri de variabile	65	34
3.5.1	Caracteristici și atribute	65	34
3.5.2	Variabile cantitative	66	34
3.5.3	Variabile calitative	66	34
3.6	Prelucrarea variabilelor	67	35
3.6.1	Codarea variabilelor	67	35
3.6.2	Transformarea variabilelor categoriale în variabile „dummy”	68	35
3.7	Fenomene statistice	69	36
3.7.1	Tipuri de fenomene	69	36
3.7.2	Variabile cauză și efect	69	36
3.8	Metoda grafică de verificare a existenței legăturilor dintre variabile	71	-
3.9	Metode de măsurare a intensității legăturilor dintre fenomene	73	36
3.9.1	Regresia multiliniară	73	36
3.9.2	Regresia logistică	79	39
3.9.3	Alte tipuri de regresie	83	40

4. INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ÎN ACCIDENTELE DE CIRCULAȚIE DIN ROMÂNIA	41
.....	84
4.1 Introducere	84 41
4.2 Variabile utilizate	84 -
4.2.1 Variabile dependente	84 -
4.2.2 Variabile independente	87 41
4.3 Modelarea liniară a N_{acc} , H_f , R_f și U_f	89 -
4.4 Discutarea rezultatelor	93 45
4.4.1 Modelul N_{acc}	93 45
4.4.2 Modelul R_f	94 -
4.4.3. Modelul U_f	94 -
4.5 Concluzii	95 -
5. INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ASUPRA GRADULUI DE SEVERITATE AL ACCIDENTELOR RUTIERE	46
.....	97
5. 1 Introducere	97 46
5.2 Obiectivele cercetării	97 46
5.3 Definirea metodologiei de cercetare	97 -
5.3.1 Date utilizate	97 -
5.3.2 Gradul de severitate al daunei	98 47
5.3.3 Gradul de severitate al accidentelor rutiere.	98 47
5.3.4 Definirea variabilelor de studiu și a metodei de modelare.	99 47
5.4 Selectarea modelelor semnificativ globale.	101 -
5.5 Evaluarea gradului de influență al factorilor de mediu în explicarea variației ISD , M_{FR} , M_{GIR} sau M_{SIR} în fiecare tip de coliziune	102 48
5.5.1 Coliziuni laterale	102 48
5.5.2 Coliziuni prin acrosare	103 -
5.5.3 Coliziuni prin rasturnare	105 -
5.5.4 Coliziuni fata spate	106 -
5.6 Concluzii.	107 49
6. ELABORAREA MODELULUI RISCULUI DE RĂNIRE FATALĂ ÎN ACCIDENTELE RUTIERE PRODUSE PE TIMP DE PLOAIE UTILIZÂND O ABORDARE PROBABILISTICĂ	50
.....	109

6.1	Introducere	109	50
6.2	Datele analizate	110	-
6.3	Metodologie	111	51
6.3.1	Definirea riscului fatal	111	51
6.3.2	Metodologia estimării P_F	111	51
6.3.3	Metodologia estimării S_F	113	52
6.3.4	Metodologia codării datelor	114	-
6.4	Calculul P_F	119	-
6.4.1	Derularea testelor de semnificație a modelului și predictorilor	119	-
6.4.2	Interpretarea predictorilor	121	53
6.5	Calculul S_F	124	54
6.6	Modelul riscului de accident fatal.	126	55
6.7	Evaluarea secvențială a influenței predictorilor fundamentali ai R_F	128	-
6.8	Concluzii	129	57
7.	METODE ȘI ECHIPAMENTE EXPERIMENTALE	131	57
7.1	Obiectivele studiului experimental	131	57
7.2	Stabilirea programului de încercări experimentale privind determinarea coeficientului de aderență.	131	58
7.3	Pregătirea testelor experimentale	132	59
7.3.1	Alegerea traseului de test	132	59
7.3.2	Autovehiculul utilizat	132	59
7.3.3	Montarea aparaturii de achiziție a datelor	133	-
7.4	Descrierea aparaturii utilizate	134	-
7.4.1	Receptor GPS	134	-
7.4.2	Echipament Speedbox	136	60
7.4.3	Accelerometre	138	61
7.4.4	Filtre utilizate	138	62
7.4.5	Componenta software: programul Accele	139	62
8.	ACHIZIȚIA, INTERPRETAREA ȘI PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE	144	63
8.1	Modelul teoretic al coeficientului de frecare.	144	63

8.2	Prezentarea datelor experimentale	145	64
8.2.1	Considerente teoretice ale achiziției, prelucrării și prezentării datelor.	145	64
8.2.2	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 1	147	66
8.2.3	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 2	148	-
8.2.4	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 3	149	-
8.2.5	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 4	150	-
8.2.6	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 5	151	-
8.2.7	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 6	152	-
8.2.8	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 7	153	-
8.2.9	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 8	154	-
8.2.10	Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 9	155	-
8.2.11	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 1	156	-
8.2.12	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 2	157	-
8.2.13	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 3	158	-
8.2.14	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 4	159	-
8.2.15	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 5	160	-
8.2.16	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 6	161	-
8.2.17	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 7	162	-
8.2.18	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 8	163	-
8.2.19	Parametri Sesiune 2 CDL 01– Test 9	164	-
8.3	Interpretarea datelor experimentale	165	67
8.4	Validarea datelor obținute experimental	167	-
8.4.1	Validarea datelor obținute experimental în sesiunea nr. 1.	167	-
8.4.2	Validarea datelor obținute experimental în sesiunea nr. 2	170	-
8.5	Concluzii	173	68
9.	CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE, DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	175	69
9.1	Concluzii finale	175	69
9.2	Contribuții personale	177	71
9.3	Direcții viitoare de cercetare	178	72

1. INTRODUCERE.

1.1 Importanța și actualitatea temei.

Evoluția transporturilor din întreaga lume a cunoscut, în ultima perioadă, o dezvoltare explozivă, în contextul creșterii rapide a numărului de locuitori de pe mapamond și, implicit, a nevoilor acestora. Nevoi caracterizate nu numai de asigurarea mijloacelor de subzistență (hrană, apă, căldură, medicamente, etc), dar și a celor de mobilitate, adică deplasarea facilă, în condiții de siguranță și la costuri reduse, către locurile de muncă, în scop recreativ, aprovizionare, șamd.

Evoluția pozitivă a industriei transporturilor este un indicator de bază al economiilor multor state, mai ales a celor dezvoltate sau în curs de dezvoltare. Odată cu acest trend pozitiv, apar, însă, și efectele negative ale unor astfel de progrese, efecte caracterizate, în general, de creșterea numărului de accidente de circulație și a victimelor rezultate din acestea.

Primul accident de circulație este atestat a fi cel care a avut loc în anul 1771 când, autovehiculul cu propulsie pe aburi, considerat a fi "*primul vehicul mecanic autopropulsat capabil să transporte persoane*" [1], construit în 1769 de Nicolas-Joseph Cugnot (1725 – 1804) s-a izbit într-un perete [2]. Două accidente de circulație au fost înregistrate în Marea Britanie în 1896 și unul în 1899 în SUA. Peste puțin timp, SUA au înregistrat 1 milion de morți în accidentele rutiere în 1951, iar alte state cu un grad ridicat de motorizare au suferit în mod similar [3].

În prezent, situația privind siguranța transporturilor a devenit una extrem de îngrijorătoare, din cauza numărului ridicat al accidentelor de circulație și a costurilor generate de către acestea. Conform Organizației Mondiale a Sănătății (WHO) [4], numărul persoanelor decedate în accidentele rutiere se ridică la peste 1.35 milioane/an. Răniile rezultate din accidentele rutiere constituie a VIII-a cauză de mortalitate pe toate segmentele de vârstă ale populației, după cum se arată în fig. 1.1, iar pentru copiii și tinerii cu vârste între 5 – 29 ani, constituie principala cauză de mortalitate.

Rank	Cause	% of total deaths
All Causes		
1	Ischaemic heart disease	16.6
2	Stroke	10.2
3	Chronic obstructive pulmonary disease	5.4
4	Lower respiratory infections	5.2
5	Alzheimer's disease and other dementias	3.5
6	Trachea, bronchus, lung cancers	3.0
7	Diabetes mellitus	2.8
8	Road traffic injuries	2.5
9	Diarrhoeal diseases	2.4
10	Tuberculosis	2.3

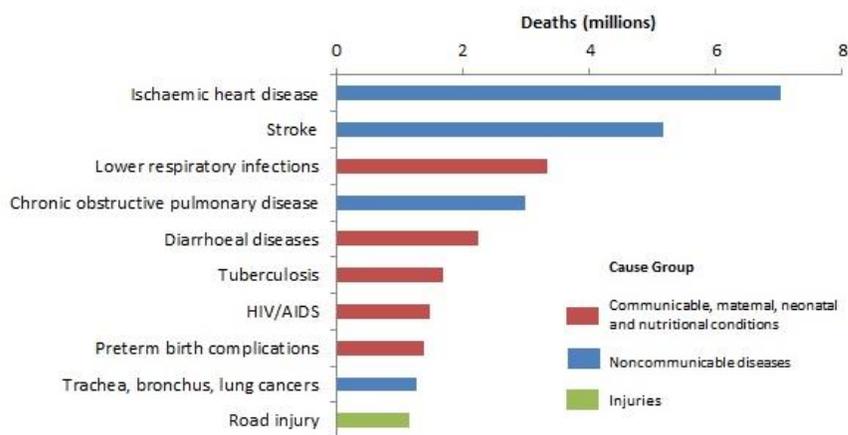
2016 WHO Global Health Estimates

Fig. 1.1: Principalele cauze ale mortalității la nivel mondial [4].

Gravitatea problemei siguranței rutiere este cu atât mai mare cu cât Organizația Mondială a Sănătății afirmă că în accidentele rutiere își pierd viața mai mulți oameni decât cei care sunt afectați de sindromul HIV, tuberculoză sau afecțiunile diareice, ratele de deces în accidentele rutiere fiind de 3 ori mai ridicate în statele cu venituri scăzute, decât în cele dezvoltate.

Comparând evoluția cauzelor de deces la nivel mondial în intervalul cuprins între anii 2010 și 2016 (fig. 1.2 și fig. 1.3), se observă că decesele rezultate ca urmare a accidentelor rutiere au un îngrijorător trend ascendent [5]. Această evoluție arată că accidentele rutiere constituie o adevărată problemă de sănătate la nivel mondial, care continuă să se agraveze dacă nu sunt luate urgent măsuri drastice de reducere a numărului acestora.

Top 10 global causes of deaths, 2000



Source: Global Health Estimates: 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016. Geneva, World Health Organization, 2018.

Fig. 1.2: Cauzele de deces la nivel mondial în anul 2010 [5].

Top 10 global causes of deaths, 2016

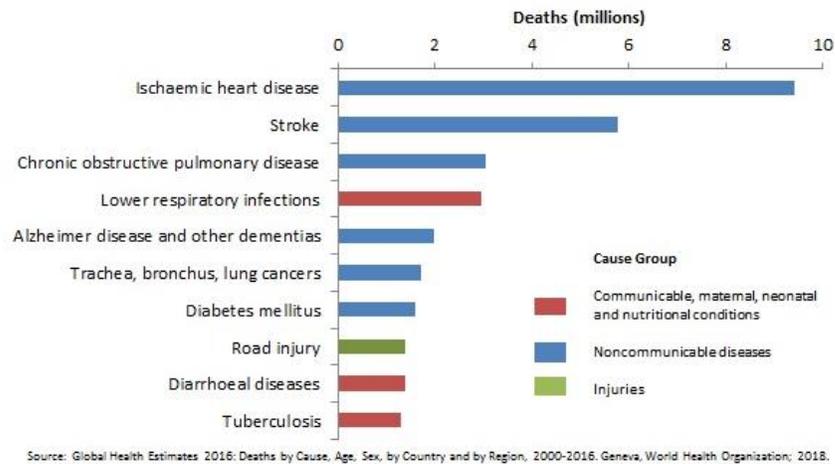


Fig. 1.3: Cauzele de deces la nivel mondial în anul 2016 [5].

În ceea ce privește nivelul de siguranță rutieră din statele Uniunii Europene, situația este comparabil mai bună decât pe alte continente, însă continuă să constituie aceeași problemă majoră pentru sistemele de sănătate din toate statele UE, considerându-se a fi încă de neacceptat de către toți actorii implicați în acest domeniu. În prefața celei de a 13-lea ediții a "Road Safety Performance Index Report", document realizat și publicat anual de către European Transport Safety Council (ETSC) [6], pentru a reliefa magnitudinea accidentelor rutiere, numărul persoanelor care își pierd viața săptămânal, ca urmare a producerii accidentelor de circulație în statele din Uniunea Europeană, este comparat cu prăbușirea, în fiecare săptămână, a trei aeronave Boeing 737 Max în care toți pasagerii își pierd viața în astfel de catastrofe aeriene.

În ciuda eforturilor Comisiei Europene și a țintelor asumate de către toate statele Uniunii Europene, încă din anul 2010, de a reduce cu 50 % numărul victimelor decedate în accidente de circulație, acest obiectiv este departe a de se fi realizat, după cum se arată în fig. 1.4, linia continuă reprezentând descreșterea înregistrată în intervalul 2010 – 2020, iar cu linie punctată este reprezentată ținta asumată pentru deceniul respectiv.

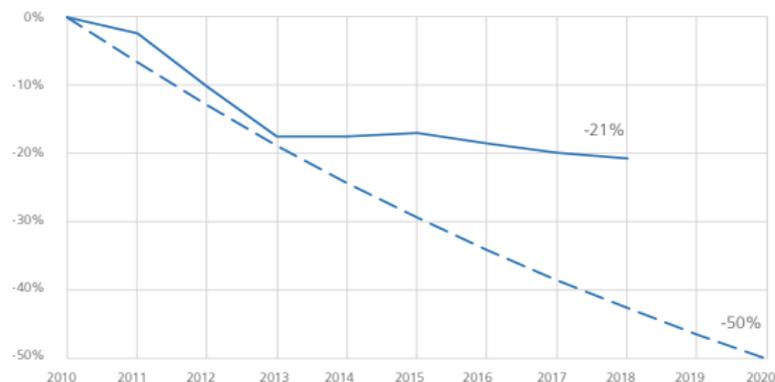


Fig. 1.4: Reducerea numărului de decese rutiere și ținta asumată de către Comisia Europeană pentru intervalul 2010 – 2020 [6].

Conform statisticilor ETSC, pe întreg teritoriul UE, 25.047 persoane și-au pierdut viața în accidente de circulație în anul 2018, iar 214.940 au fost rănite grav. Pentru a cuantifica gradul de siguranță rutieră al unei țări în termeni referitori la numărul persoanelor care au decedat în accidente de circulație, este utilizată Rata de Mortalitate (RM), indicator reprezentat de numărul de decese raportate la un million de locuitori. Un astfel de indicator arată că România are un nivel scăzut al siguranței rutiere, înregistrând cea mai mare valoare, respectiv 96 decese/10⁶ locuitori, urmată de Bulgaria cu 87 decese/10⁶ locuitori. La polul opus, ca și nivel ridicat de siguranță în traficul rutier, amintim Norvegia (20 decese/10⁶ locuitori), Elveția (27 decese/10⁶ locuitori) și UK cu 28 decese/10⁶ locuitori, după cum este arătat în fig. 1.5.

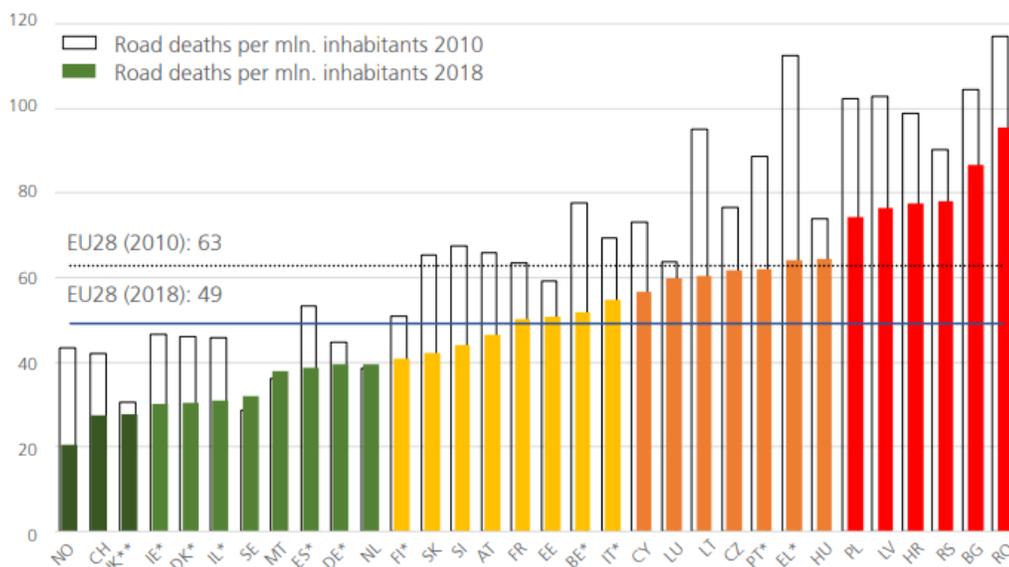


Fig. 1.5: Grafic comparativ al RM în statele UE în anul 2018 vs 2010 [6]

În baza graficului prezentat în fig. 1.5, putem afirma că România este statul Uniunii Europene în care siguranța rutieră constituie deja o problemă națională, având în vedere faptul că în perioada 1999 – 2018, conform Institutului Național de Statistică [7], și-au pierdut viața, în accidente rutiere, 56.126 persoane, cu o dinamică anuală conform fig. 1.6.

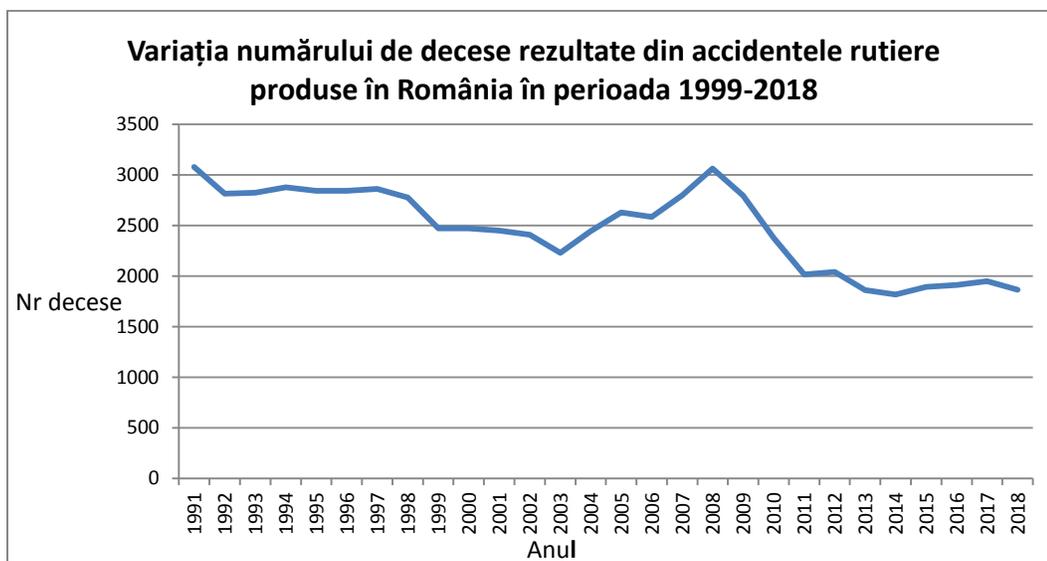


Fig. 1.6: Numărul de victime decedate în accidentele de circulație produse în România în perioada 1999 – 2018.

Accidentele rutiere generează răni ale persoanelor implicate (decese, răni grave și răni ușoare), pagube materiale (autovehicule avariate, distrugerii ale proprietăților private, ale elementelor de siguranță ale drumurilor, etc), suferință familiilor victimelor și comunităților din care fac parte. Toate acestea pot fi însă monetizate, adică cuantificate în costuri. Deși este o metodă criticată, mai ales de către reprezentanții comunităților din care fac parte victimele acestor evenimente nedorite, evaluarea accidentelor rutiere, din punct de vedere al costurilor, este o soluție care, pe lângă faptul că descrie cel mai bine presiunile exercitate asupra bugetelor locale și naționale, conduce la realizarea unor analize cost - beneficiu performante. Mai mult, aceste analize le sunt foarte utile autorităților guvernamentale care pot să prevadă, în acest fel, alocări bugetare dedicate îmbunătățirii gradului de siguranță rutieră din România.

Pentru prima oară în România, o primă estimare a costurilor accidentelor rutiere, bazată pe metode științifice, a fost realizată și publicată de către autorul tezei, împreună cu conducătorul științific [8]. Plecând de la problematica siguranței rutiere din România și utilizând metoda "Human Capital", autorii au arătat că, în România, **costurile accidentelor rutiere se ridică la 0,95 % din Produsul Intern Brut** al țării noastre, iar scăderea numărului de accidente rutiere trebuie să constituie o prioritate, aceste fapte demonstrând **actualitatea și importanța temei tezei de doctorat.**

Într-un studiu efectuat la solicitarea Comisiei Europene – Directoratul General pentru Mobilitate și Transport [9], au fost calculate costurile sociale ale accidentelor rutiere (defalcate pe fiecare componentă de cost), produse în toate statele Uniunii Europene, iar, pentru România, au fost stabilite valorile prezentate în tab. 1.1, pentru fiecare tip de vătămare, respectiv decese (D), Răniri Grave (RG) și Răniri Ușoare (RU)[9].

Tab. 1.1: Costurile sociale ale accidentelor rutiere produse în România, defalcate pe componente (€₂₀₁₆).

	Costuri umane			Costuri generate de pierderea producției			Costuri medicale			Costuri administrative			Costuri totale		
	D	RG	RU	D	RG	RU	D	RG	RU	D	RG	RU	D	RG	RU
România	2,257,137	322,445	24,803	183,549	12,219	747	1,383	4,257	366	969	667	287	2,443,038	339,588	26,203

După cum se poate observa din tab. 1.1, costurile sociale ale victimelor accidentelor rutiere din România sunt de 2,443,038 €/victimă decedată, 339,588 €/rănit grav și 26,203 €/rănit ușor.

Este cunoscut faptul că diversele condiții de mediu, în special cele meteorologice, influențează în mod negativ traficul rutier și constituie factori cauzatori în producerea accidentelor rutiere. Coroborând costurile sociale ale accidentelor rutiere din România determinate în [9] cu numărul accidentelor de circulație produse în anul 2016, conform statisticilor furnizate de către Ministerul Afacerilor Interne – Direcția rutieră, observăm că aproximativ 11 % din costurile sociale totale (aproximativ 946 milioane €) sunt generate de către evenimente produse în alte condiții decât cele normale (fig. 1.7).

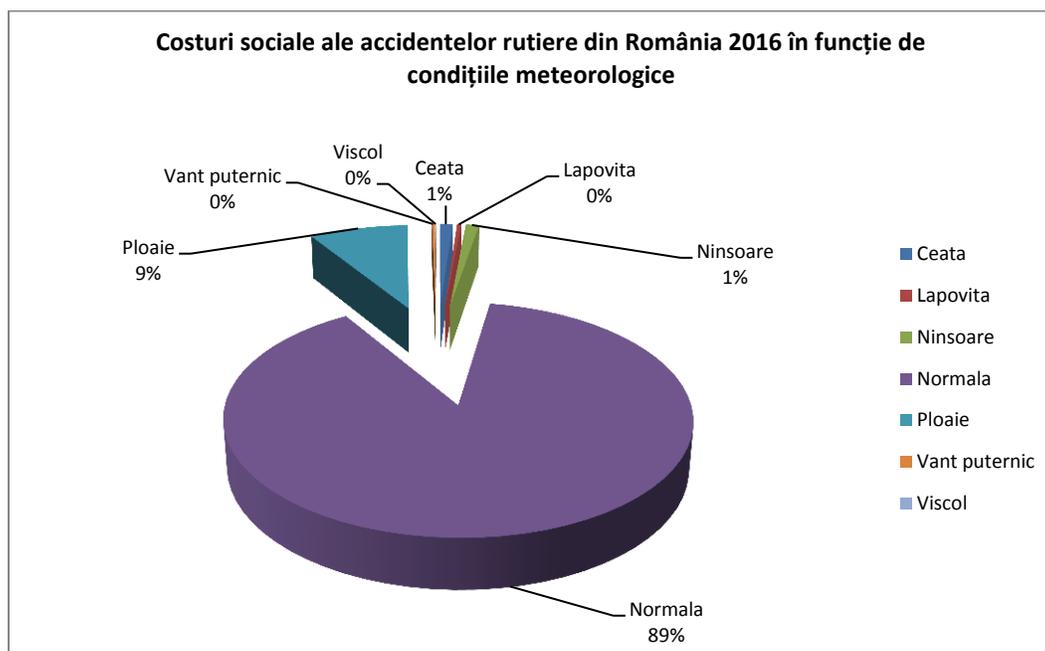


Fig. 1.7: Costurile sociale ale accidentelor rutiere produse în anul 2016, în România, în diferite condiții meteorologice.

În acest context, cunoașterea factorilor care influențează producerea accidentelor rutiere și, în consecință, afectează gradul de vătămare corporală, poate conduce la reducerea numărului accidentelor de circulație și a scăderii costurilor acestora. Prin urmare, actualitatea temei de cercetare este cu atât mai importantă cu cât, în România, cercetarea cauzelor accidentelor de circulație produse

în diferite condiții de mediu și elaborarea unui set de contramăsuri, ar putea conduce la scăderi importante ale costurilor de transport și la fluidizarea traficului rutier.

1.2 Structura tezei de Doctorat

Lucrarea este **structurată în 9 capitole**, după cum urmează:

În **capitolul 1** este prezentată problematica siguranței rutiere din Uniunea Europeană, precum și din România, în contextul dezvoltării traficului rutier și a industriei transporturilor rutiere. Prima estimare științifică a costurilor accidentelor rutiere din România a fost realizată de către autorul tezei, împreună cu conducătorul științific, pentru a reliefa necesitatea importanța și actualitatea temei de cercetare. De asemenea, în acest capitol sunt prezentate costurile sociale ale accidentelor de circulație produse în diferite condiții de mediu.

În **capitolul 2** se prezintă stadiul cercetărilor privind influența factorilor de mediu asupra parametrilor microscopici și macroscopici ai traficului rutier, structura sistemului traficului rutier și importanța prezenței factorului uman în acest sistem, precum și comportamentul factorului uman sub influența a diverși factori de mediu, în special în ceea ce privește variația timpului de percepție – reacție. Sunt prezentate metodele de determinare a conflictelor precum și comportamentul utilizatorilor drumurilor în diferite condiții meteorologice. Influența factorilor de mediu în producerea accidentelor de circulație este prezentată în concordanță cu riscurile de vătămare corporală.

Capitolul 3 prezintă noțiuni teoretice de analiză multivariată a datelor pentru analizarea comprehensivă a legăturilor dintre fenomene. Sunt prezentate tehnici statistice de modelare a variabilelor, transformarea, codarea și interpretarea acestora în funcție de coeficienții de regresie. Sunt prezentate tehnicile de testare la nivel global a modelelor rezultate, precum și de testare individuală a variabilelor care sunt semnificative statistic la nivel individual.

În **capitolul 4** sunt prezentate rezultatele cercetării privind influența factorilor de mediu în producerea accidentelor de circulație la un nivel lunar de agregare al datelor. Sunt luate în considerare variabile care descriu temperatura medie lunară, cantitatea medie lunară de precipitații, precum și prezența altor fenomene meteorologice care afectează vizibilitatea și aderența suprafeței carosabile. S-a constatat că variația numărului deceselor este explicată semnificativ de către temperatura medie lunară și de prezența averselor de ploaie torențială.

În **capitolul 5** sunt analizate influențele factorilor de mediu în evoluția riscurilor de vătămare corporală și a daunelor rezultate din accidentele rutiere produse prin șapte tipuri de coliziuni. A fost definit Indicele de Severitate al Daunelor care, alături de riscurile privind decesul, rănirea gravă și rănirea ușoară în accidentele de circulație agregate la un nivel lunar, au fost analizate în 56 de modele statistice generate cu variabile care privesc prezența fenomenelor meteorologice și gradul de aderență al carosabilului în diferite tipuri de coliziuni.

În **capitolul 6** este utilizată o abordare probabilistică pentru identificarea și testarea unui model matematic al riscului de deces în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie. Variațiile probabilității de producere a accidentelor fatale și consecințele acestora au fost evaluate separat prin tehnici de modelare logistică și liniară, modelul rezultat având o structură exponențială. Influența

ritmurilor circadiene ale conducătorilor auto este luată în considerare, datele fiind grupate având în vedere conceptul "black time".

Capitolul 7 prezintă metodele și echipamentele utilizate în cercetarea experimentală derulată pentru determinarea coeficientului de aderență în diverse condiții de temperatură și stare a suprafeței carosabile. Sunt prezentate echipamentele, filtrele și softul utilizat în cadrul cercetării experimentale.

În **capitolul 8** sunt prelucrate și interpretate datele achiziționate în cele optsprezece teste experimentale, împărțite în două sesiuni derulate în diverse condiții de mediu. În baza valorilor decelerațiilor maxime au fost determinate valorile coeficienților de aderență, iar achiziția și calculul corect al datelor au fost validate prin tehnicile de regresie multiliniară.

Capitolul 9 conține concluziile finale ale tezei, contribuțiile personale și direcțiile viitoare de cercetare.

Bibliografia aferentă tezei se regăsește în partea finală a acesteia.

2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND ANALIZA TRAFICULUI RUTIER ȘI INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ASUPRA ACCIDENTELOR DE CIRCULAȚIE

2.1 Sistemul traficului rutier

Sistemul traficului rutier este un sistem complex în a cărui alcătuire intră, ca și elemente cheie, oameni, vehicule, drumuri, mediul înconjurător, precum și alte elemente. În acest sistem, oamenii constituie principala componentă. Ca și roluri funcționale într-un sistem de trafic rutier, vehiculele sunt considerate mijloace de transfer, drumurile constituie mijlocul de transport al oamenilor și vehiculelor dar și elementul de bază al traficului rutier, iar **mediul înconjurător constituie condiția necesară pentru funcționarea transporturilor**. Elementele enumerate anterior sunt interdependente, interconectate și interacționează împreună pentru a forma sistemul complet al traficului rutier. Orice rupere a legăturilor dintre aceste elemente are drept consecință apariția conflictelor din trafic [10].

Sistemul traficului rutier este definit ca fiind o succesiune, în timp și spațiu, a acțiunilor conjugate a tuturor elementelor (om – drum – vehicul), în cadrul căruia acționează factori fizici, sociali și organizatorici [11]. Acești factori sunt considerați factori de mediu care, acționând asupra acțiunilor reunite ale componentelor sistemului traficului rutier, pot să-l influențeze, atât în mod pozitiv, cât și în mod negativ. La rândul lor, componentele sistemului traficului rutier acționează asupra factorilor de mediu. Factorii sociali și organizatorici au un rol important în activitățile de dirijare al traficului și implicit în creșterea siguranței circulației.

Traficul rutier este prezentat ca un sistem complex [12], având componente de diferite categorii, al căror comportament conjugat are un grad mare de impredictibilitate. Din acest motiv acesta nu poate fi analizat întotdeauna în profunzime și poate fi influențat de o multitudine de factori, precum factorii de mediu, condițiile de trafic, caracteristicile geometrice ale drumurilor, elemente de control ale traficului, dar și de caracteristicile vehiculelor și abilitățile conducătorilor auto.

O abordare interesantă a sistemului traficului rutier este prezentată în [13]. Obiectivul principal al unui sistem de trafic rutier este de a asigura o cât mai bună mobilitate pentru utilizatorii drumurilor, mobilitate de care aceștia au nevoie pentru a se deplasa, în condiții de siguranță, către locurile de muncă, școli, destinații de vacanță, pentru cumpărături, etc.

Mobilitatea este rezultatul dorit al funcționării unui sistem de trafic rutier. Însă, unul dintre rezultatele nedorite care apar ca urmare a apariției unui dezechilibru între elementele componente ale sistemului traficului rutier este constituit de către accidentele de circulație (fig. 2.1).

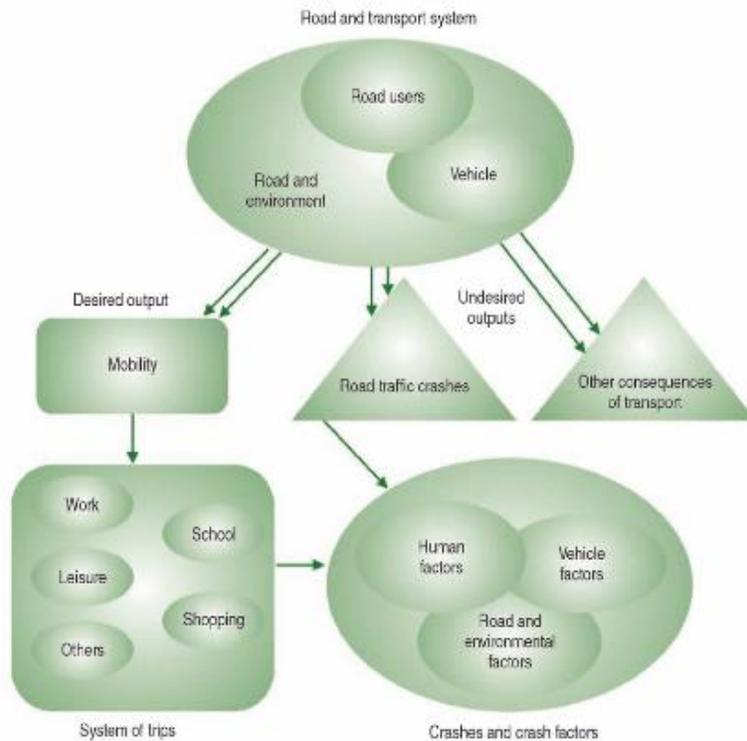


Fig. 2.1: Prezentare schematică a unei abordări a sistemului traficului rutier

Un alt model al sistemului traficului rutier este prezentat în figura 2.2 [14]:

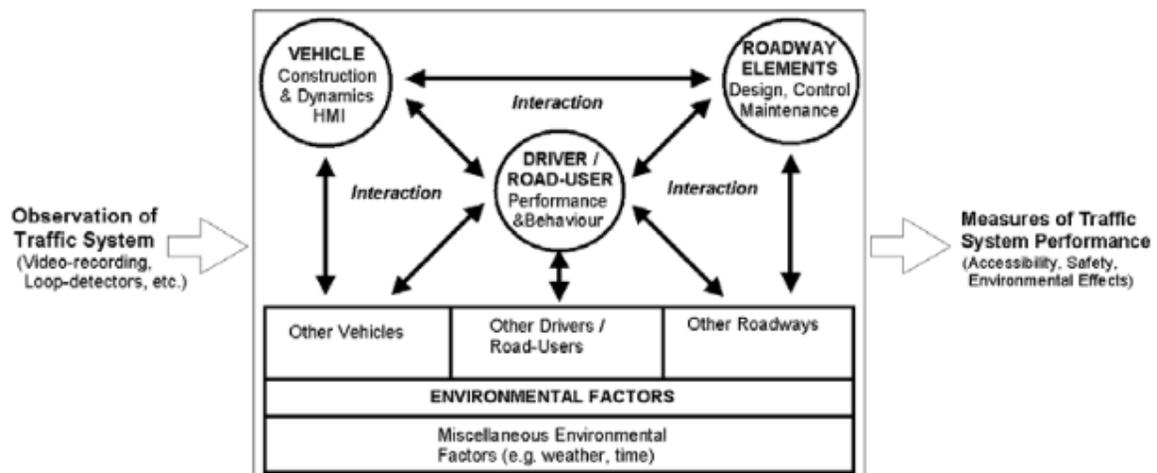


Fig. 2.2: Model conceptual al componentelor unui sistem de trafic rutier.

Alte rezultate nedorite ale funcționării unui sistem de trafic rutier pot fi întârzierile din trafic, deteriorarea mediului înconjurător, zgomotul produs de autovehicule, impact negativ asupra economiei, etc.

2.2 Parametrii traficului rutier

Pe lângă alte componente, un flux de trafic include și o combinație de elemente formată din comportamentele conducătorilor auto (ale factorului uman) și a vehiculelor. Cum comportamentul factorului uman nu este constant pe timpul cât vehiculul se află în mișcare, atunci nici comportamentul fluxului de trafic nu este uniform. Fluxurile de trafic nu sunt influențate nu numai de caracteristicile factorului uman și al vehiculelor, ci și de alte componente cu care interacționează. De aceea, un flux de trafic rutier poate varia în funcție de timp și locație, caracteristici care, la rândul lor, pot influența comportamentul factorului uman [16].

Parametrii traficului rutier sunt acei parametri cu ajutorul cărora se analizează deplasarea autovehiculelor pe drumurile publice [17]. Parametrii traficului rutier sunt clasificați în două grupe, în funcție de modul în care caracterizează și analizează un vehicul aflat în mișcare pe drumul public (singular sau împreună cu alte vehicule). Aceste grupe sunt:

- Parametrii microscopici de trafic, în care vehiculul este analizat în mod singular atunci când acesta se află în mișcare, fiind deci în strânsă legătură cu mișcarea (dinamica) individuală a autovehiculului.
- Parametrii macroscopici, parametri care analizează mișcarea și poziția fluxurilor de trafic (formate din mai multe vehicule).

2.2.1 Parametrii microscopici

Timpul intervehicular.

Se definește ca fiind intervalul de timp calculat între trecerea succesivă a două vehicule prin dreptul unui punct de observare de unde se execută măsurarea acestuia. Este un parametru care este utilizat la optimizarea spațiului de frânare, având astfel o contribuție la creșterea gradului de siguranță rutieră din trafic și este definit de relația:

$$\Delta t_i = t_i - t_{i-1} \text{ [s]} \quad (2.1)$$

unde:

- Δt_i = timpul intervehicular.
- t_i = momentul la care a trecut vehiculul de ordin i
- t_{i-1} = momentul la care a trecut vehiculul de ordin $i-1$

Spațiul intervehicular.

Este definit ca fiind distanța ce separa două vehicule consecutive care se deplasează pe aceeași bandă și în același sens, fiind utilizat în determinarea capacității de circulație a drumurilor.

Viteza de trafic se împarte în:

Viteza instantanee.

Este parametrul microscopic de trafic care este înregistrat la trecerea unui vehicul prin dreptul unui observator fix, fiind utilizat la optimizarea deplasării autovehiculelor și la creșterea gradului de siguranță rutieră.

Determinarea vitezei instantanee a autovehiculelor din traficul rutier are importanță în ceea ce privește siguranța circulației, o determinare eficace a acesteia ajutând la depistarea și educarea conducătorilor auto care nu respectă legislația rutieră. De asemenea, determinările vitezelor instantanee ajută la creșterea gradului de siguranță în zonele cu risc ridicat de producere a accidentelor, așa numitele "black spot-uri".

Viteza medie.

Viteza medie este raportată la un sector de drum și poate evidenția comportamentul unui autovehicul la deplasarea pe acesta. Cunoașterea acestui parametru, care caracterizează și dinamica autovehiculului, ajută la optimizarea fluxurilor de autovehicule, are aplicabilitate în crearea condițiilor de "undă verde" și în estimarea consumurilor de combustibil, motiv pentru care este utilizat și în cadrul proceselor de certificare a emisiilor poluante maxim admise.

Viteza medie pentru un parcurs de durată T se determină cu relația:

$$V_{med} = \frac{\int_0^T v(t) dt}{T} \quad [m/s] \quad (2.2)$$

Alt indicator microscopic este accelerația, cu ajutorul căreia, îndeosebi în zonele urbane, se poate reda cu fidelitate dinamica unui autovehicul. Aceasta se poate determina pe cale experimentală, dar și analitică, sau prin prelucrarea unor parametri obținuți în urma desfășurării activităților de înregistrare a vitezelor autovehiculului care se deplasează în traficul rutier.

În traficul rutier urban, decelerația autovehiculelor este influențată de mai mulți factori perturbatori, printre care putem enumera:

- Apariția inopinată a pietonilor și efectuarea traversărilor prin locuri nesemnalizate, precum și prezența altor utilizatori vulnerabili în traficul rutier (biciliști, motocicliști).
- Schimbările bruște de direcție ale autovehiculelor aflate în trafic, precum și efectuarea unor manevre de depășire sau ocolire.
- Semafoare defecte sau nesincronizate.
- Lucrări de reparații executate la carosabil, precum și prezența autovehiculelor de mare tonaj.

Accelerația medie pentru un parcurs de durată T se calculează cu relația:

$$a_{med} = \frac{\int_0^T a(t) dt}{T} = \frac{v(T) - v(0)}{T} \quad [m/s^2] \quad (2.3)$$

Cu ajutorul accelerației, se poate aprecia calitatea traficului prin intermediul a doi indicatori sintetici:

- Zgomotul accelerației care este dat de relația:

$$a_e = \frac{\int_0^T [a(t) - a_{med}]^2 dt}{T} \quad [m/s^2] \quad (2.4)$$

Cu ajutorul acestui indicator, se poate evalua instabilitatea traficului urban prin analiza fluctuației accelerației pe un anumit traseu parcurs.

- Calitatea traficului sau dispersia relativă a accelerației este dată de relația:

$$G = \frac{\sigma}{v_{med}} \quad (2.5)$$

Prin valorile acestui indicator, se poate aprecia fluiditatea traficului. Valori orientative ale acestui indicator, precum și gradul de fluidizare al traficului, sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tab. 2.1: Valori ale fluidității traficului și gradul de fluidizare al acestuia

Calitatea traficului (G)	Gradul de fluidizare al traficului	Observații privind comportamentul traficului rutier
$0 < G < 0,02$	Trafic fluid	Artere care nu sunt dens circulate
$0,02 < G < 0,1$	Trafic cu densitate ridicată	Artere rutiere care sunt utilizate în limitele capacității de circulație
$0,1 < G < 0,2$	Trafic dificil	Apar puncte de congestie și suprasaturare a arterelor rutiere pentru intervale foarte scurte de timp
$G > 0,2$	Trafic foarte dificil	Congestii de trafic în aproape toate intervalele cu trafic ridicat

Parametrii microscopici de trafic au relevanță nu numai în managementul traficului rutier, dar privesc și aspecte legate de siguranța rutieră. Astfel, din punct de vedere al siguranței utilizatorilor traficului rutier, spațiul intervehicular se poate reduce până la limita de siguranță, fiind dat de relația:

$$S_{optim} = L + T \times v + c \times v^2 \quad [m] \quad (2.6)$$

unde:

- L=lungimea totală a vehiculului;
- T=timpul de răspuns al conducătorului auto;
- v=viteza inițială înainte de frânare;
- c=coeficient care este funcție de accelerația maximă a autovehiculului și se calculează cu relația:

$$c = \frac{1}{2a} \quad (2.7)$$

Multe dintre coliziunile din traficul rutier sunt coliziuni față – spate, motiv pentru care aprecierea, de către conducătorii auto, a distanței de siguranță, constituie un factor important în prevenirea accidentelor de circulație.

2.2.2 Parametrii macroscopici

Parametrii macroscopici ai traficului rutier descriu dinamica fluxurilor de autovehicule.

Parametrii macroscopici ai traficului rutier sunt:

Debitul traficului q.

Debitul traficului caracterizează numărul de vehicule N care trec prin dreptul unui observator fix într-un anumit interval de timp T și se calculează cu relația:

$$q = \frac{N}{T} \quad (2.8)$$

În funcție de durata pentru care se dorește exprimarea debitului traficului rutier, unitatea de măsură a acestuia poate fi:

- [veh/s] – pentru debit unitar.
- [veh/h] – pentru debit orar.
- [veh/zi] – pentru debit zilnic.
- [veh/an] – pentru debit anual.

În cazul în care debitul traficului rutier este determinat pe baza unor observări caracteristice anumitor perioade ale zilei (intervale orare caracteristice, zi, noapte, etc.), atunci debitul q se calculează cu relația:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{N \sum_{i=1}^N \frac{T_i}{N_i}}} \quad (2.9)$$

Densitatea fluxului k .

Densitatea fluxului sau concentrația, este parametrul macroscopic de trafic cu ajutorul căruia se exprimă numărul de vehicule N care se află, la un moment dat, pe un anumit tronson cu lungimea L din drumul analizat.

Se calculează cu ajutorul relației:

$$k = \frac{N}{L} \quad [\text{veh/km}] \quad (2.10)$$

Viteza medie spațială.

Este acel parametru macroscopic prin care se poate evalua calitativ traficul rutier. Se obține ca și rezultată medie a valorilor vitezelor autovehiculelor care trec prin dreptul unui observator și se calculează cu relația:

$$v_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i \quad (2.11)$$

unde,

- v_i = viteza instantanee a vehiculului i
- N = numărul total al vitezelor înregistrate (al vehiculelor observate).

Câmpul de viteze.

Este reprezentat de viteza unică $v(x,t)$ aferentă fiecărui moment " t " într-un anumit punct " t " de pe porțiunea de drum analizată. Acest parametru macroscopic este utilizat în aprecierea deplasărilor în regim de "undă verde", deoarece permite aprecierea globală a mișcării fluxurilor de autovehicule pe o arteră rutieră.

2.3 Factorul uman în traficul rutier

Oamenii, drumurile, autovehiculele și mediul înconjurător sunt componentele care formează sistemul traficului rutier. Pentru ca traficul rutier să se desfășoare în parametrii optimi, dar și în siguranță, componentele sistemului de trafic trebuie să se afle în echilibru. Dintre toate componentele, **factorul uman este cel mai instabil**, fiind dificil de estimat și anticipat acțiunile acestuia în condițiile diferite în care componentele sistemului traficului rutier interacționează între ele.

De aceea, sistemul traficului rutier este un sistem care prezintă un grad ridicat de instabilitate, care poate fi menținut în echilibru, în cea mai mare măsură, prin intervenția factorului uman sau printr-o intervenție externă (în scop de corecție) asupra factorului uman. Prin urmare, putem spune că factorul uman este un factor de instabilitate pentru sistemul traficului rutier.

Pentru asigurarea echilibrului într-un sistem de trafic rutier trebuie acționat asupra factorului uman prin utilizarea unor metode și mijloace de control, în așa fel încât participanții la trafic trebuie să observe aceste semnale și semnalizări clar și din timp, sa le poată interpreta în timp util, astfel încât răspunsurile (acțiunile) acestora să fie în conformitate cu scopurile pentru care a fost proiectat respectivul sistem de trafic rutier.

De o mare importanță în desfășurarea în condiții optime a traficului rutier, dar și pentru siguranța traficului, sunt semnalele emise de către Dispozitivele de Control al Traficului (DCT) și recepționate de către conducătorii auto [18]. În acest sens, principalele probleme ale DCT care au legătură cu desfășurarea traficului rutier și siguranța circulației sunt cele care se referă la distanțele la care obiectele din campul vizual pot fi detectate, recunoașterea DCT (semne, semnale, delimitatoare, bariere de protecție, etc), precum și faptul că acestea trebuie să fie lizibile și ușor identificabile, astfel încât conducătorii auto se le înțeleagă cu ușurință și să acționeze în mod corespunzător, conform informațiilor primite.

Cea de a treia fază, navigarea, reprezintă asistarea conducătorului auto cu informații despre călătorie, anumite particularități ale drumului, precum și date privitoare la traseele alternative. Calitatea navigării a crescut în ultimul timp odată cu implementarea și dezvoltarea Sistemelor Inteligente de Transport (ITS).

În tab. 2.2 sunt sumarizate acțiunile, informațiile și consecințele celor trei nivele ierarhice.

Tab. 2.2: Descrierea și consecințele derulării celor trei faze de conducere a unui autovehicul

Nivelul	Acțiuni	Surse de informare	Importanța informației	Consecințe
Control (microperformanță)	Operarea vehiculelor Controlul direcției (control lateral) Controlul vitezei (control longitudinal)	Laterala drumului Marcaje de separare a benzilor Semne de avertizare Mișcarea	Maximă	Situații de urgență Accident Consum ridicat de combustibil
Ghidare (performanță de situație)	Selectarea și menținerea unei viteze sigure și a căii de rulare	Geometria drumului, obstacole, condiții de trafic, condiții meteo	Medie	Situații de urgență Accident, Consum ridicat de combustibil
Navigare (macroperformanță)	Urmărirea traseului, găsirea direcției, planificarea	Experiență, semne de dirijare,	Minimă	Întârzieri, confuzii, stări psihice

nță)	călătoriei	hărți, sisteme de navigație, aplicații on line, etc		precare, consum ridicat de combustibil
------	------------	---	--	--

În tot timpul procesului de conducere al autovehiculului, conducătorul auto interacționează cu celelalte componente ale sistemului rutier. Pe lângă cunoștințele acumulate, atât teoretice, cât și practice, acesta trebuie să aibă anumite deprinderi pentru a putea înțelege, analiza și răspunde semnalelor transmise de către mediul înconjurător, incluzând aici și pe cele ale celorlalți participanți la traficul rutier. Aceste deprinderi sunt: sesizarea, identificarea, prevederea, decizia și execuția. Acestea sunt componentele psihice ale activității mentale și fizice ale factorului uman, atâta timp cât acesta se află în procesul de conducere a unui autovehicul. Este interesant de remarcat faptul că fiecare componentă psihică, din cele cinci enumerate, este influențată de factori externi, care au legătură cu mediul înconjurător, alcătuit din factori care perturbă activitatea de conducere. Prin urmare, pe tot parcursul procesului de conducere a unui autovehicul, factorul uman este perturbat de factori externi, factori care trebuie atenuați sau anihilați de către activitatea conducătorului auto.

Unul dintre cele mai importante simțuri ale unui conducător auto este văzul, deoarece peste 90 % dintre stimulii exteriori din circulația rutieră sunt receptați prin văz. Dacă imaginile receptate sunt familiare, atunci interpretarea stimulului este rapidă. Dacă imaginea receptată nu este familiară, atunci apar dificultăți și întâzieri în receptarea și înțelegerea acelor semnale.

2.5 Analiza influenței mediului înconjurător asupra traficului rutier

Desfășurarea traficului rutier poate fi afectată de mai mulți factori, printre care cei mai importanți sunt factorii de mediu. Configurația drumului, semnalizarea, sistemele de ghidare a traficului, condițiile meteorologice, etc, fac parte din factorii de mediu care modifică atât modul de desfășurare al traficului rutier (gradul de fluiditate), dar și mobilitatea utilizatorilor drumurilor, inclusiv siguranța circulației.

Condițiile meteorologice zilnice, precum ploile, ceața, ninsorile sau "ploile înghețate" pot avea un serios impact asupra mobilității și siguranței utilizatorilor sistemelor de transport [28].

Impactul condițiilor meteorologice la nivel macroscopic al traficului rutier se răsfrânge asupra rezultatului conjugat al comportamentelor conducătorilor auto (nivel microscopic). Comportamentul microscopic (individual) al conducătorilor auto include accelerarea, decelerarea și urmărirea autovehiculului din față (spațiu și timp intervehicular).

Condițiile meteorologice severe au o influență majoră și asupra parametrilor macroscopici ai traficului rutier [29]. Factorii meteorologici afectează nu numai mediul de conducere, ci și comportamentul conducătorilor auto, aspect care poate modifica distanțele intervehiculare, viteza de deplasare și alte caracteristici ale deplasării autovehiculelor în condiții dificile de vreme. Toate acestea, pot avea un impact major asupra comportamentului întregului sistem al traficului rutier.

Precipitațiile sub formă de ploaie și ninsoare influențează viteza traficului liber, viteza la capacitate și capacitatea, acestea variind în funcție de intensitatea precipitațiilor. Rezultatele studiului sunt prezentate în tabelul 2.4:

Tab. 2.4: Parametrii traficului rutier care sunt influențați de condițiile meteorologice severe [29].

Parametrii traficului	Condițiile meteorologice	Gama de impact (reducere)
Viteza traficului liber	Ploi ușoare <0,01 cm/h	-2% până la -3%
	Ploaie ~1,6 cm/h	-6% până la -9%
	Ninsoare ușoară <0,01 cm/h	-5% până la -16%
	Ninsoare ~0,3 cm/h	-5% până la -19%
Viteza la capacitate	Ploi ușoare <0,01 cm/h	-8% până la -10%
	Ploaie ~1,6 cm/h	-8% până la -14%
	Ninsoare ușoară <0,01 cm/h	-5% până la -16%
	Ninsoare ~0,3 cm/h	-5% până la -19%
Capacitatea	Ploi ușoare <0,01 cm/h și ploi ~1,6 cm/h	-10% până la -11%
	Ninsoare ușoară <0,01 cm/h	-12% până la -20%

Ploile torențiale reduc capacitatea cu procente cuprinse între 14% - 19% [30], iar condițiile de vizibilitate sunt reduse din cauza ceții cu 10% - 12% [31].

De asemenea, vizibilitatea redusă din timpul ninsorilor are un impact mai mare asupra parametrilor fluxului de trafic decât vizibilitatea rezultată în timpul ploilor, observându-se o reducere de 10 % a parametrilor fluxurilor de trafic în condițiile în care vizibilitatea se reduce de la 4,8 km la 0,0 km.

2.7 Siguranța traficului rutier

Traficul rutier poate fi definit ca fiind o mișcare ordonată de vehicule în spații special amenajate, destinate deplasării acestora în condiții de siguranță [17].

Creșterea numărului de accidente rutiere care se soldează cu pierderi de vieți omenești, pagube imense și costuri ridicate a condus la apariția și dezvoltarea unui nou domeniu de expertiză și analiză a acestor efecte, denumit siguranța traficului sau siguranța circulației rutiere.

În accidentele rutiere se pierd anual, peste 1.2 milioane de vieți în întreaga lume. Accidentele rutiere sunt printre principalele cauze de deces în rândul tinerilor cu vârste cuprinse între 15 – 29 ani și costă autoritățile guvernamentale aproximativ până la 3% din Produsul Intern Brut (PIB), devenind astfel o adevărată problemă în sistemele naționale de sănătate [32]. Costurile accidentelor rutiere diferă de la o țară la alta, în funcție de gradul de dezvoltare care, implicit, conduce la un nivel mare de motorizare.

La nivel global, vătămrile din accidentele rutiere sunt estimate a fi a noua cauză de deces în rândul populației și se preconizează ca, până în 2030, aceasta să devină a șaptea cauză de deces [33].

În plus față de decesele survenite în accidentele rutiere, până la 50 milioane de oameni sunt răniți în fiecare an în evenimentele rutiere, acestea având consecințe asupra stării de sănătate globală [34].

În anul 2020, România continuă să înregistreze cea mai mare rată de mortalitate din toate statele Uniunii Europene (85 decese/1 milion), în timp ce media calculată a UE este de 42 decese/1 milion [35].

2.10 Analiza comportamentală a utilizatorilor drumurilor la deplasări în diverse condiții de mediu.

2.10.1 Comportamentul utilizatorilor drumului în diferite condiții de luminozitate

Condițiile de mediu constituie unul dintre factorii care pot afecta serios timpul de percepție – reacție al conducătorilor auto [19]. Condițiile de iluminare a drumului, mediul rural sau urban, starea carosabilului (uscat, umed, acoperit de zăpadă sau polei), etc, influențează valoarea timpului de reacție – percepție.

În timpul procesului de conducere a automobilului, 90% din cantitatea de informație care este percepută de către conducătorul auto ajunge pe cale vizuală, restul de 10 % pe calea altor simțuri (auz, tactili, vestibulari și ocazional cei olfactivi). Contrastul sau strălucirea obiectelor prezente în traficul rutier sau mediu înconjurător, precum și nivelul de iluminare sunt factori de mediu care influențează acuitatea vizuală a conducătorilor auto. Capacitatea vizuală este definită ca fiind însușirea ochiului de a percepe, prin agerimea și mărimea câmpului vizual, dar și prin capacitatea de acomodare și adaptare a ochiului, diferențele de strălucire, culorile și detaliile de formă. Din cauza nivelului redus de iluminare, aceasta descrește pe timp de noapte.

La conducerea unui automobil pe timp de noapte trebuie să se ia în considerare gradul de vedere nocturnă a participanților la trafic, atât al conducătorilor auto, cât și al pietonilor. Odată cu lăsarea întunericului, dar și pe toată perioada nopții, adaptarea completă a ochiului la diferențe mari de iluminare (lumină – întuneric sau întuneric – lumină) are loc în aproximativ 20 minute (în primele 5 minute adaptarea este realizată în proporție de 60 %). În cazul impresionării bruște a retinei cu un fascicul de lumină, fenomen cunoscut și sub numele de "orbire în trafic", are loc dispariția temporară a capacității vizuale, conducătorii auto având nevoie de un timp critic de 5 secunde pentru refacerea parțială a acesteia. De aceea, conducătorii auto trebuie să aprecieze foarte clar distanțele de urmărire a autovehiculelor din față, astfel încât să permită realizarea unei distanțe de siguranță în cazul apariției fenomenului de orbire.

Acuitatea vizuală se diminuează odată cu vârsta conducătorilor auto, mai ales atunci când aceștia călătoresc pe timp de noapte.

Pietonii reprezintă și ei un factor de risc în condiții de iluminare scăzută și atunci când îmbrăcămintea acestora este de culoare închisă. Gradul de reflecție al hainelor acestora poate influența distanța de la care aceștia sunt observați și, implicit, spațiul de oprire al vehiculului (fig. 2.16).



Fig. 2.16: Distanțele de vizibilitate în cazul pietonilor care circulă pe timp de noapte, în funcție de gradul de reflecție al hainelor acestora [19].

Pe drumurile care nu sunt iluminate, șoferii reduc viteza de deplasare în condiții de ploaie sau ninsoare, însă reducerea este mai mare decât a celor care circulă în aceleași condiții, dar pe drumuri iluminate. Acest lucru sugerează că asocierea între accidente de circulație și condițiile de iluminare (întuneric sau semi-întuneric) ar putea fi explicată de faptul că șoferii nu reușesc să-și adapteze viteza la condițiile de vizibilitate redusă (întuneric) [42]. Când drumul este iluminat, comportamentul conducătorilor care se deplasează în condiții de ploaie sau zăpadă este de a nu adapta viteza la aceste condiții, fapt ce constituie un risc mare în producerea accidentelor grave soldate cu decese. De fapt, iluminarea drumurilor trebuie să îmbunătățească performanța vizuală a conducătorilor auto pentru a putea scădea riscul producerii unui accident.

2.11 Riscuri de producere a accidentelor de circulație

Pentru o identificare cât mai corectă a riscurilor care stau la baza producerii accidentelor de circulație, este necesară analizarea definiției riscului.

Conform Oxford English Dictionary, riscul poate fi definit ca "expunerea la posibilitatea de pierdere, vătămare sau alte circumstanțe nefavorabile sau nedorite; o șansă sau situație care implică o astfel de posibilitate".

O definiție apropiată de fenomenul de producere a unui accident rutier poate fi aceasta: "probabilitatea sau amenințarea unei vătămări cuantificabile, prejudiciu, răspundere, pierdere sau orice altă întâmplare negativă care este cauzată de vulnerabilități externe sau interne și care pot fi evitate prin măsuri preventive".

În general, riscul mai poate fi definit ca fiind produsul dintre probabilitatea de producere a unui accident rutier și consecința acestuia:

$$R=P*C \quad (2.16)$$

unde:

- P = probabilitatea de producere a accidentului rutier.
- C = consecința rezultată în urma producerii acestuia.

În [48] sunt studiate riscurile de producere a accidentelor rutiere și expunerea la aceste riscuri. Pentru o mai bună înțelegere a acestora, trebuie definite, în mod clar și cuprinzător, termenii de "risc" și "expunere la risc".

Conform unei lucrări în care sunt analizate expunerea și riscurile cercetate în diverse studii de siguranță rutieră [48], este abordat conceptul de mai jos:

Expunerea este definită, în general, ca fiind totalul distanței parcurse, fie de autovehicule, fie de alți participanți la traficul rutier (pietoni, bicicliști, motocicliști, etc). Cu alte cuvinte, cu cât distanțele parcurse sunt mai mari, cu atât expunerea la producerea unui accident rutier este mai mare. Determinarea expunerii conduce la posibilitatea calculării riscului, urmând ca evaluarea acestuia să fie utilizată pentru îmbunătățirea gradului de siguranță rutieră.

2.13 Factori de mediu care influențează producerea accidentelor de circulație

Într-un studiu privind factorii cauzatori ai accidentelor rutiere, factorul uman a stat la baza producerii celor mai multe accidente, urmat de mediul rutier și de vehicule. Totodată, acest studiu a prezentat și inter-cauzalitatea între factorul uman, mediul rutier și vehicul. Rezultatele acestui studiu sunt prezentate în diagrama Venn din figura 2.23 [41].

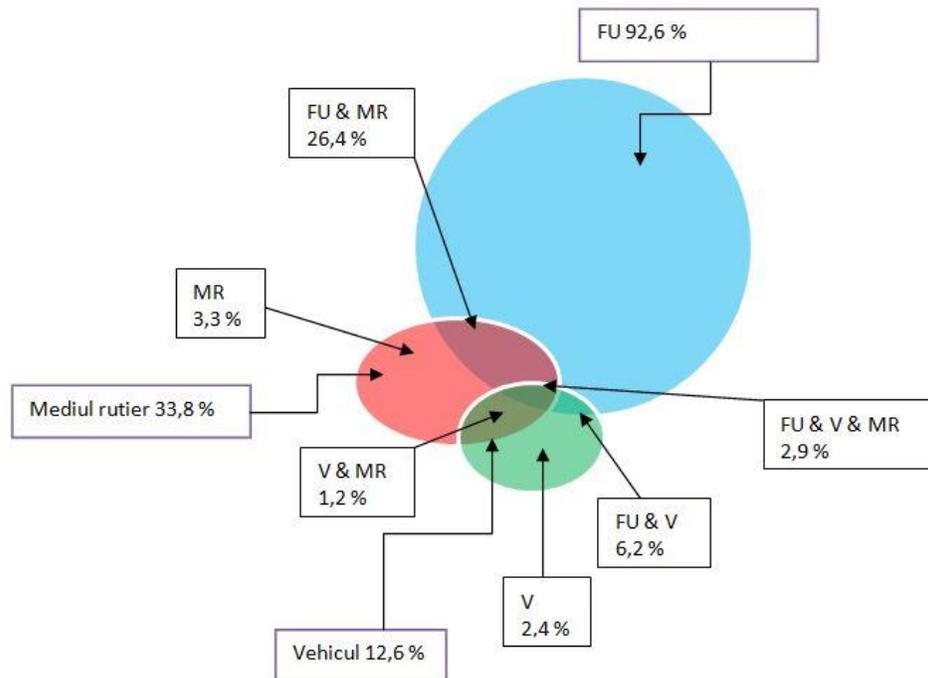


Fig. 2.23: Inter-cauzalitatea factor uman - mediu – autovehicul.

unde:

- FU= Factorul uman.
- MR = mediul rutier.
- V = Vehiculul.

Influența factorilor de mediu asupra accidentelor de circulație se regăsește și într-un studiu privitor la prevenirea și reducerea rănilor rezultate în urma accidentelor rutiere. Haddon William [37], în analizele sale privind reducerea rănilor, creează matricea Haddon, un model de control și reducere a rănilor prin analiza factorilor cauzatori bazați pe interacțiunile om (gazdă) – vehicul (agent) – mediu, în cele trei faze ale unui accident rutier: pre – accident, accident și post – accident. Modelul matricii Haddon este prezentat în fig. 2.24.

FAZE		Om (gazdă)	Vehicul (agent)	Mediul fizic	Mediul Socio - Economic
	Pre-accident	Conducere sub influența alcoolului (droguri) Defecte de vedere Influența psihologiei individuale asupra probabilității de producere a accidentului Etc	Conducerea vehiculului Lumini Anvelope Stabilitate Frâne Etc	Suprafață carosabilă alunecoasă Lumini de semnalizare Condiții meteo Luminozitate Etc	Limite de viteză Licențierea șoferilor Înmatricularea vehiculelor Atitudini sociale Etc
	Accident	Susceptibilitatea corpului omenesc de a suferi răni Mișcarea corpului omenesc în timpul proceselor de decelerare Etc	Abilitatea vehiculelor de protejare a ocupanților, pietonilor. Etc	Măsura în care marginea drumului este mărginită de obstacole Etc	Standarde de comportament a vehiculelor în caz de accident Legislație centuri de siguranță Etc
	Post-accident	Numărul, tipul și severitatea rănilor care necesită tratament Etc	Incendii post accident Portiere blocate Daune vehicul Etc	Accesul la locul accidentului Rămășițe ale vehiculului Etc	Modul de răspuns al poliției, echipajelor de descarcerare, ambulanță. Etc
	Pierderi	Vătămări ale oamenilor	Daune ale vehiculelor	Daune ale mediului fizic	Daune aduse societății
Pierderi totale = totalul costurilor pentru societate și economie		Numărul persoanelor cu tetraplegie, fracturi faciale, arsuri, vătămări craniene, etc. Costul acestora	Numărul vehiculelor avariate Costul acestora	Totalitatea daunelor aduse drumului și altor structuri ale acestuia	Totalul costurilor organizațiilor care sunt implicate în asistență post accident (ambulanță, pompieri, poliție, etc)

Fig. 2.24: Model de matrice Haddon.

Matricea Haddon poate constitui un instrument important în elaborarea unei metode de evaluare, control și reducere a riscurilor de vătămare în accidentele rutiere.

Într-un studiu în care se analizează posibilul impact al factorilor de mediu asupra accidentelor rutiere și care accentuează punerea în aplicare a unor măsuri de prevenire [57], răsăritul și apusul soarelui, vremea "prăfuită", suprafețele carosabile alunecoase, precum și curbele strânse de urcare sau coborâre, au constituit factori de risc în producerea accidentelor rutiere. De asemenea, sunt considerați factori de mediu cu risc în producerea accidentelor rutiere și volumele mari de trafic, autovehiculele care circulă cu viteză mare, prezența trotuarelor și densitatea autovehiculelor parcate lângă bordură [58].

2.14 Parametrii siguranței rutiere

2.14.1 Noțiuni introductive privind parametrii siguranței rutiere

Având în vedere complexitatea tuturor factorilor care sunt luați în calcul la descrierea gradului de siguranță rutieră, precum și faptul că în centrul acestui domeniu se află accidentele de circulație, care sunt fenomene aleatorii și complexe, determinarea parametrilor siguranței rutiere este un proces laborios, implicând tehnici și metode de o complexitate ridicată.

În principal, există două tipuri de analize [63] care sunt des întâlnite în cercetările desfășurate în domeniul siguranței rutiere: analize descriptive și analize cantitativ predictive .

Analizele descriptive sunt analize tradiționale, foarte des întâlnite în diferite tipuri de statistici, în special în cele oferite de către autoritățile guvernamentale care doresc să reflecte, într-un anumit mod, starea siguranței rutiere dintr-un anumit stat. Ele pot cuantifica, pe o anumită perioadă de timp pe care se desfășoară respectiva analiză, severitatea accidentelor de circulație, tipul acestora, perioada de producere, etc, pe un anumit segment de drum sau pe anumite nivele regionale.

Analizele cantitative predictive se utilizează atunci când se dorește calcularea unui număr estimat de accidente rutiere, precum și severitatea acestora, în anumite zone ale drumurilor, care au caracteristici geometrice și operaționale asemănătoare, atât la momentul apariției accidentelor rutiere, cât și pe o anumită perioadă viitoare de timp, pentru care se realizează estimarea respectivă. Analizele predictive sunt importante pentru administratorii drumurilor și pentru cercetătorii care activează în acest domeniu.

Trebuie subliniat faptul că, atât analizele descriptive, cât și analizele predictive sau explicative, sunt bazate pe date istorice. Cu cât volumul de date istorice care privesc numărul de accidente rutiere, frecvența de apariție a acestora, gradul de severitate al victimelor, data și ora de producere, starea carosabilului, condițiile meteorologice, etc., se referă la o perioadă mai mare, cu atât eroarea de previziune sau de explicare este mai mică. Desigur, pentru a putea avea un grad ridicat de încredere în aceste tipuri de analize, deosebit de important este modul de colectare al datelor istorice.

Conform Institutului pentru Cercetare în Siguranța Rutieră din Olanda (SWOW), siguranța traficului rutier este considerată a fi un aspect calitativ al desfășurării traficului rutier [64] și, prin urmare, aceasta se poate evalua cu ajutorul "*indicatorilor de siguranță rutieră*" (ISR). SWOW consideră a fi relevanți următorii ISR, atât la nivel regional (local), cât și la nivel național:

- Numărul de accidente soldate cu răniri (inclusiv decese) raportat la numărul de km al drumului.
- Numărul accidentelor soldate cu vătămări raportat la indicii de mobilitate (milioane vehicule x km parcurși).
- Numărul de răniri raportate la un accident rutier soldat cu victime.

Previzionarea dezvoltării în timp a ISR și analizarea acestora poate conduce la o imagine completă a siguranței rutiere locale, regionale sau naționale. De asemenea, estimarea volumelor de trafic (VT) și corelarea acestora cu ISR conduce la o analiză detaliată a modului în care se poate acționa pentru creșterea gradului de siguranță rutieră, respectiv prin redirectionarea traficului rutier și îmbunătățirea infrastructurii.

De asemenea, nivelul de siguranță rutieră este determinat și prin monitorizarea așa-numiților Indicatori de Performanță ai Siguranței (IPS).

2.14.2 Indicatorii de Performanță ai Siguranței (IPS)

Indicatorii de Performanță ai Siguranței (IPS) sunt indicatori măsurabili și reflectă acele condiții care influențează siguranța unui sistem rutier [65]. IPS sunt destinați a fi utilizați ca și

instrumente pentru evaluarea condițiilor curente ale siguranței rutiere, monitorizarea progresului în ceea ce privește siguranța rutieră, precum și pentru măsurarea impactului intervențiilor care sunt realizate de către autoritățile din acest domeniu (Ex: Implementarea unor contra-măsuri pentru scăderea numărului de decese rezultate din accidentele de circulație pe anumite tronsoane de drum sau modul în care este impusă și respectată legislația rutieră).

Sunt importante șapte direcții pentru care a fost necesară dezvoltarea IPS:

- Consumul de alcool și a substanțelor interzise.
- Managementul vitezei.
- Sistemele de protecție.
- Utilizarea luminilor de întâlnire pe timpul zilei.
- Sistemele de siguranță pasivă ale autovehiculelor.
- Infrastructura rutieră.
- Sistemul de management al traumelor victimelor care au fost implicate în accidente de circulație.

În ceea ce privește determinarea IPS pentru managementul vitezei, sunt realizate studii pentru determinarea și măsurarea vitezelor medii ale fluxurilor de trafic, luând în considerare scopul pentru măsurarea acestora, dar și rezultatele așteptate. Aceste măsurători sunt corelate, întotdeauna, cu obiectivele asumate de către autoritățile naționale.

Măsurătorile efectuate pentru determinarea vitezelor care stau la baza elaborării IPS țin cont, întotdeauna, de condițiile meteorologice, având în vedere faptul că acești factori au un impact mare în dinamica traficului rutier. Pentru a putea compara vitezele din diferite state sau regiuni, datele rezultate sunt luate în considerare numai dacă au fost înregistrate în diverse condiții meteorologice care produc variații minore ale vitezelor de deplasare. Având în vedere acest lucru, următoarele condiții meteorologice sunt evitate atunci când se realizează astfel de măsurători:

- **Precipitații moderate sau severe sub formă de ploaie.**
- Ninsoare.
- Temperaturi scăzute.
- Ceață sau alte fenomene care produc condiții de vizibilitate scăzută.
- Vânt puternic.

Așadar, dacă viteza poate fi măsurată doar pentru perioade scurte, aceasta nu trebuie planificată în timpul iernii, deoarece condițiile meteorologice pot influența rezultatele măsurătorilor efectuate. Perioadele în care sunt prezente condiții meteo nefavorabile, de tipul celor amintite mai sus, sunt notate, iar datele obținute în aceste perioade vor fi eliminate în procesul de analiză a acestora. Dacă măsurătorile sunt permanente (cu dispozitive automate tip camere de detectare a vitezelor sau contoare de trafic), este incomod să se țină cont de condițiile meteorologice dacă nu există implementat un sistem automat de monitorizare a vremii, sistem care să poată să fie capabil să coreleze aceste informații.

2.17 Concluzii

Mediul înconjurător este o componentă importantă a sistemului traficului rutier. De asemenea, acesta constituie condiția esențială pentru ca transporturile să se desfășoare în bune condiții. Un sistem de trafic rutier este în echilibru atunci când între componentele acestuia nu există niciun factor perturbator care să afecteze interacțiunea dintre acestea. Orice apariție a unui factor perturbator poate conduce la rezultate nedorite a sistemului de trafic rutier, printre care putem aminti întârzierile de trafic, pierderi ale companiilor de transport, creșterea gradului de poluare și accidentele de circulație care pot avea consecințe neimaginabile.

Mediul înconjurător, ca și componentă a sistemului de trafic rutier, afectează echilibrul dintre componentele acestuia și îl influențează atât negativ (întârzieri de trafic, accidente rutiere, etc), cât și pozitiv (carosabil uscat, trafic fluent, luminozitate bună, semnalizări rutiere de calitate, etc). Influențarea de către factorii de mediu, în mod pozitiv, a unui sistem de trafic rutier, conduce la o mai bună mobilitate a utilizatorilor drumului, un lucru extrem de dorit în ultima perioadă.

Parametrii traficului rutier, atât cei microscopici, cât și cei macroscopici, sunt acei parametri cu ajutorul cărora se analizează mișcarea autovehiculelor din trafic și care sunt puternic influențați de comportamentul factorului uman. La rândul lui, comportamentul factorului uman este influențat de factorii de mediu.

Parametrii traficului rutier sunt importanți nu numai în managementul traficului rutier, dar au implicații și în siguranța rutieră. De asemenea, valorile acestora sunt influențate direct de către factorii de mediu. Spațiul intervehicular și viteza medie sunt parametrii cel mai des afectați de către diverși factori de mediu.

Factorii meteorologici afectează nu numai mediul de conducere, ci și comportamentul conducătorilor auto, aspect care poate modifica distanțele intervehiculare, viteza de deplasare și alte caracteristici ale deplasării autovehiculelor în condiții dificile de vreme. Toate acestea, pot avea un impact major asupra întregului sistem al traficului rutier. Ploile torențiale și condițiile de vizibilitate redusă din cauza ceții reduc capacitatea de circulație. De asemenea, vizibilitatea din timpul ninsorilor are un impact mai mare asupra parametrilor fluxului de trafic decât vizibilitatea din timpul ploilor.

Factorii de mediu influențează funcțiile de control și ghidare, părți componente ale procesului de conducere a unui automobil. Mai mult, componentele psihice ale activității mentale și fizice ale conducătorilor auto (sesizarea, identificarea, prevederea, decizia și execuția) sunt puternic influențate de către factorii de mediu și, prin urmare, afectează calitatea traficului rutier și gradul de siguranță rutieră. Timpul de percepție – reacție este influențat de către condițiile de luminozitate, starea carosabilului și de locul unde conducătorii auto rulează (urban sau rural).

Timpul de percepție – reacție, parametru important care afectează comportamentul conducătorilor auto, este influențat de condițiile de iluminare, mediul în care se circulă (urban sau rural) și de starea carosabilului. În condiții de vizibilitate nocturnă, acuitatea vizuală a conducătorilor auto scade, fiind afectată serios de diferite caracteristici de mediu: străluciri intense, detalii de formă ale obiectelor din mediul rutier, semnalizare precară. Acuitatea vizuală scade odată cu

creșterea în vârstă a conducătorilor auto, motiv pentru care aceștia trebuie să manifeste o atenție sporită la deplasarea în traficul rutier pe timp de noapte sau în condiții de vizibilitate redusă.

O altă concluzie importantă este și faptul că accidentele rutiere produse pe timp de noapte sau în condiții de vizibilitate redusă din cauza fenomenelor meteorologice sau a altor factori de mediu se datorează faptului că, în aceste condiții, conducătorii auto nu reușesc să adapteze corect viteza la condițiile de vizibilitate. În condiții de vizibilitate redusă din cauza ceții, viteza de urmărire a autovehiculului din față este mai mare decât viteza de depășire a acestuia. În condiții de vizibilitate bună, situația se inversează. Este interesant de subliniat faptul că ceața conduce la scăderea timpului de reacție al conducătorilor auto în raport cu alte condiții bune de vizibilitate.

3. TEHNICI ȘI METODE PRIVIND MODELAREA STATISTICĂ A ACCIDENTELOR RUTIERE

3.1 Introducere

Multiplele definiții ale siguranței rutiere acoperă doar parțial conceptul de "siguranță rutieră", fiind bazate pe concepte idealiste, al căror efect nu poate fi predictibil pe termen scurt.

O definiție clară și concisă, bazată pe aspecte măsurabile și concretizabile, este cea dată de către Hauer [66]. Conform acestuia, siguranța unui drum "este măsurată de frecvența și severitatea accidentelor așteptate a se produce" pe acest drum.

Hauer consideră că este necesară abordarea siguranței rutiere prin două concepte, distincte, dar în strânsă legătură funcțională și anume:

- Siguranța rutieră nominală: se referă la modul în care siguranța unui drum este respectată prin prisma legislației, a standardelor de construcție și siguranță a drumului, politicilor locale și naționale de siguranță și a altor proceduri și regulamente. Elaborarea și implementarea acestor norme au rolul de a oferi utilizatorilor drumurilor mari șanse de a se deplasa în siguranță, fără să ia în considerare probabilitatea ca o parte din aceștia să nu se comporte legal și să perceapă diferit geometria și caracteristicile drumurilor.
- Siguranța rutieră individuală: aceasta "se măsoară prin frecvența și severitatea accidentelor ce urmează a fi preconizate". Este un concept care astăzi trebuie să fie integrat în procesul de proiectare și realizare a drumurilor. Este o abordare reactivă (bazată pe date istoriografice de accidente). Cu alte cuvinte, acest concept a stat la baza implementării inspecțiilor și auditurilor de siguranță rutieră care astăzi constituie o practică obligatorie în siguranța rutieră.

Pentru estimarea numărului frecvențelor și a severității accidentelor rutiere viitoare, **statistica este principalul instrument analitic** și, prin urmare, va fi aplicat în cea mai mare măsură în această teză, pentru determinarea influenței factorilor de mediu asupra accidentelor de circulație.

3.5 Tipuri de variabile

3.5.1 Caracteristici și atribute

În primul rând, este necesară clarificarea a două noțiuni care sunt des folosite în studiile statistice: caracteristicile și atributele.

Caracteristica este proprietatea unei unități individuale (a unui individ). După capacitatea ei de a fi măsurată, caracteristica poate fi:

- Caracteristica măsurabilă.
- Caracteristica nemăsurabilă.

Atributele sunt acele caracteristici care nu pot fi măsurate în termeni numerici: categoria unui drum, starea carosabilului, etc.

Variabilele sunt acele caracteristici care în general pot fi măsurabile și ale căror valori diferă de la un individ la altul.

În funcție de rolul acestora pot fi clasificate în:

- Variabile cantitative.
- Variabile calitative.

3.5.2 Variabile cantitative

Sunt reprezentate de acele variabile ale căror valori se pot exprima numeric și care mai sunt cunoscute sub denumirea de "*date tip interval*".

Studiile și cercetările desfășurate în domeniul siguranței rutiere presupun colectarea, gruparea, prelucrarea, modelarea și analizarea unor mari seturi de date, dacă luăm în calcul faptul că aceste tipuri de analize se desfășoară utilizând seturi de date istorice. Aceste seturi de date sunt compuse din variabile care se împart în variabile discrete sau continue [69], [70].

3.5.3 Variabile calitative

Aceste variabile sunt reprezentate de valori care nu sunt numerice, ci arată o calitate a datelor, fiind exprimate prin cuvinte și nu prin cifre. În domeniul statistic, valorile acestor variabile mai sunt întâlnite și sub denumirea de "niveluri", sau "trepte de răspuns". În funcție de acestea, variabilele calitative pot fi grupate în:

- Variabile nominale:

Sunt acele variabile la care nivelurile de răspuns sunt arbitrare, ele neaflându-se într-o ordine prestabilită. De exemplu, în înregistrarea condițiilor meteorologice de la momentul producerii unui accident, variabile nominale pot fi: vreme normală, ceață, ploaie, ninsoare, lapoviță, grindină, etc.

- Variabile ordinale

Sunt întâlnite atunci când nivelurile de răspuns sunt preconizate a fi utilizate pentru stabilirea unei ierarhii. Gravitatea unui accident este dată, printre altele, de gradul de vătămare al victimelor. Un exemplu de variabilă calitativă ordinală poate fi descrierea vătămării victimelor: deces/ranire gravă/ranire ușoară.

3.6 Prelucrarea variabilelor

3.6.1 Codarea variabilelor

De foarte multe ori, studiile statistice presupun prelucrarea variabilelor, acestea neputând a fi utilizate în forma în care ele au fost colectate și introduse în bazele de date. Codarea variabilelor este necesar a fi efectuată din următoarele motive:

- a) Adaptarea denumirii variabilelor
- b) Indicarea variabilei de referință

În cazul variabilelor categoriale, care au peste două variante de răspuns, este necesară indicarea variabilei care va fi aleasă ca și variabilă de referință. Variabila de referință se va alege cea care are cea mai mare frecvență de apariție, interpretarea semnificației celorlalte variabile urmând a se face comparativ cu aceasta. De aceea, în cadrul proceselor de codare a variabilelor, primul caracter al acronimelor alese trebuie să fie unul non-numeric, ales în ordine alfabetică în funcție de descreșterea frecvenței de apariție a respectivei variabile.

Un astfel de exemplu de codare a variabilelor este prezentat în tab. 3.1 [71].

Tab. 3.1: Tipuri de predictorii utilizați, modul de codare al acestora, acronime și frecvențele absolute [71].

Categorie principală	Frecvența absolută	(Atributul variabilei)=Valoarea de codare/Acronim/Tip variabilă	Categorie principală	Frecvența absolută	(Atributul variabilei)=Valoarea de codare/Acronim/Tip variabilă
Intervalul de timp (TME)	3880	(16:00 - 20:59)=0/ aTME_6/Du	Locul de producere al accidentului (PA)	8268	(TRUE)=1/ aPA_bua/Bi
	2122	(05:00 - 09:59)=1/ bTME_2/Du		2717	(FALSE)=0/ bPA_obua/Bi
	1167	(14:00 - 15:59)=2/ cTME_5/Du		5061	(Stradă)=0/ aRC_str/Du
	1151	(12:00 - 13:59)=3/ dTME_4/Du	Categororia drumului (RC)	4106	(Drum național)=1/ bRC_nro/ Du
	944	(10:00 - 11:59)=4/ eTME_3/Du		1252	(Drum județean)=2/ cRC_ivr/ Du
	838	(21:00 - 22:59)=5/ fTME_7/Du		339	(Drum comunal)=3/ dRC_ivr/ Du

3.6.2 Transformarea variabilelor categoriale în variabile „dummy”

Sub denumirea de variabile „dummy” sunt cunoscute acele variabile categoriale cu două variabile de raspuns (dihotomice). Răspunsurile variabilelor categoriale cu mai mult de două niveluri pot fi transformate cu ușurință în variabile numerice, de tip „dummy”, prin codarea răspunsurilor cu 0 și 1 (0 se va acorda variabilei de referință).

Variabilele categoriale cu mai mult de două variante de răspuns vor fi transformate în k-1 variabile "dummy" (DV_{k-1}), unde k=numărul de variante de răspuns, iar fiecare variabila dummy va avea două valori de răspuns: "0" și "1".

3.7 Fenomene statistice

3.7.1 Tipuri de fenomene

Accidentele rutiere sunt caracterizate a fi fenomene complexe, produse ca urmare a interacțiunii defectuoase dintre componentele sistemului rutier. Pornind de la principiile legii cauzalității, fenomenele pot fi descrise ca fenomene-cauză și fenomene efect. Acestea sunt interdependente între ele, prin conexiuni sau mecanisme cu caracter volatil, atemporal și aleatoriu, gradul lor de complexitate crescând pe măsură ce colectivitățile din care fac parte sunt tot mai numeroase.

3.7.2 Variabile cauză și efect

Metodele și tehnicile de analizare a legăturilor dintre fenomene au drept scop analizarea legăturilor dintre o variabilă efect (explicată sau dependentă) și mai multe variabile efect (independente sau explicative).

Forma matematică a unei legături între cele două fenomene este exprimată astfel:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad (3.1)$$

unde,

- y = variabila efect
- x_1, x_2, \dots, x_i = variabilele cauză
- $i=1, 2, \dots, n$ este numărul variabilelor cauză.

Modul comun de interacțiune dintre variabilele cauză și variabila efect conduce la clasificarea legăturilor dintre aceste variabile în funcție de următoarele criterii:

3.9 Metode de măsurare a intensității legăturilor dintre fenomene

3.9.1 Regresia multiliniară

Metoda de regresie multiliniară, ca de fapt și celelalte tipuri de regresii, face parte din grupa metodelor parametrice de măsurare a intensității legăturilor statistice.

După scopul său, regresia multiliniară poate fi utilizată în scop predictiv sau în scop explicativ. În literatura de specialitate există cazuri rare când cercetătorii abordează o regresie utilizată în scop mixt, atât pentru explicare, cât și pentru predicție [74].

Regresia multiliniară utilizată în scop predictiv este aplicată atunci când se dorește explicarea, într-un mod cât mai realist, a performanțelor viitoare a unui parametru (denumit criteriu), pe baza unor indicatori (valori), din trecut sau din prezent, denumiți predictorii.

Scopul principal al acestei metode de analiză multivariată a datelor este acela de a găsi un model liniar care poate estima sau explica cel mai bine variația criteriului.

Regresia multiliniară utilizată în scop explicativ are drept scop explicarea acțiunii comune a unui set de factori (variabile explicative) asupra unei variabile criteriu, care mai este denumită și

variabilă explicată, având în vedere faptul că între aceste două tipuri de variabile există o relație causală. În acest caz, în pur sens terminologic, se pot utiliza sintagmele de variabila independentă și variabilă dependentă.

De fapt, prin regresia multiliniară utilizată în scop explicativ, se verifică în ce măsură un anumit factor influențează evoluția variabilei dependente, prin controlarea influenței pe care alte variabile, incluse în analiză, o au asupra variabilei criteriu.

Trebuie subliniat faptul că pentru a se putea aplica regresia liniară, fie în scop explicativ, fie în scop predictiv, relația dintre predictor și criteriu (variabile dependente și variabila dependentă – în regresia cu scop explicativ) trebuie să fie una de tip liniar. De asemenea, acest tip de regresie poate fi aplicat numai în cazul în care variabilele care sunt incluse în modele au fost măsurate prin o scala numerică. Exemple de scale numerice pot fi: numărul de accidente rutiere produse pe o anumită perioadă, valorile calculate ale riscului de deces sau rănire gravă, cantitatea de precipitații, numărul de autovehicule implicate în accidente rutiere, șamd.

Modelul matematic al regresiei liniare multiple

Modelul matematic utilizat în ambele tipuri de regresii multiliniare este definit în modul următor:

$$\hat{Y}_t = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 X_{1t} + \hat{a}_2 X_{2t} + \dots + \hat{a}_k X_{kt} \quad (3.3)$$

unde:

- \hat{Y}_t = variabila dependentă (criteriu) la momentul t.
- X_{kt} = variabila explicativă k (predictor) la momentul t.
- $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_k$ = coeficienți de regresie.
- $t = 1, 2, \dots, n$.
- n = numărul de observații.

Evaluarea eficienței unei ecuații de regresie

Pentru a pune în practică un astfel de proces, este nevoie de analizarea a doi parametri: valoarea testului F (testul Fisher) și coeficientul de determinare (sau determinație) R^2 .

Valoarea testului F este dată de relația:

$$F = \frac{MS_{\frac{y}{x}}^2}{MS_{\frac{y}{z}}^2} \quad (3.4)$$

unde,

- $MS_{\frac{y}{x}}^2$ = dispersia datorată modelului, fiind definită de relația:

$$MS_{\frac{y}{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - y_i)^2}{k} \quad (3.5)$$

- $MS_{\frac{y}{z}}^2$ = dispersia datorată reziduurilor a cărei relație este:

$$MS_{\frac{y}{z}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_{ri} - Y_i)^2}{n-k-1} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-k-1} \quad (3.6)$$

unde,

- Y_i = valoarea estimată a variabilei dependente.
- y_i = media condiționată.

- Y_i = valoarea reala (măsurată) a variabilei dependente.
- n = numărul variabilelor luate în calcul, $k=1,2,\dots,n$

În cazul în care F este semnificativ statistic, atunci se va analiza valoarea coeficientului de determinare R^2 (coeficient de determinare multiplă în cazul regresiiilor multiliniare) [74]. R^2 ne oferă informația referitoare la ce procent din variația variabilei explicate (dependente) este explicat de către acțiunea comună a variabilelor independente (predictorilor) care au fost introduse în model. Atât valoarea F , cât și R^2 sunt generate automat în SPSS la rularea regresiei (fig. 3.4).

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.806 ^a	.650	.562	.1148346

a. Predictors: (Constant), Zapada, Gheata, Uscat, Alunecos, Umed, Mazga, Polei

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.685	7	.098	7.418	.000 ^b
	Residual	.369	28	.013		
	Total	1.054	35			

a. Dependent Variable: FR
b. Predictors: (Constant), Zapada, Gheata, Uscat, Alunecos, Umed, Mazga, Polei

Fig. 3.4: Rezultate oferite de SPSS în urma aplicării metodei regresiei multiliniare [75].

Analizând datele prezentate în fig. 3.4, observăm că valoarea F este semnificativ statistică ($\text{Sig}=p<0.001$). Prin urmare, predictorii incluși în modelul respectiv (factori care influențează aderența carosabilului), conduc la estimări mai bune ale criteriului (în acest caz variabila explicată fiind riscul de deces în accidente rutiere).

Testarea individuală a eficienței predictorilor în estimarea variației criteriului

Dacă F este semnificativ statistic, nu toți predictorii contribuie la explicarea variației criteriului (nu estimează corect aceasta variație). Pentru a putea identifica care dintre acei predictorii contribuie semnificativ la variația variabilei dependente, trebuie analizate valorile t (cunoscute ca și valori ale testului t Stat), generate de către SPSS (fig. 3.5).

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	.014	.058		.246	.808	-.105	.134
	Alunecos	-.193	.047	-.801	-4.125	.000	-.288	-.097
	Gheata	.167	.067	.489	2.489	.019	.030	.305
	Mazga	-.009	.050	-.034	-.176	.862	-.112	.094
	Polei	.105	.046	.581	2.268	.031	.010	.200
	Umed	.017	.010	.286	1.706	.099	-.003	.036
	Uscat	.001	.002	.035	.263	.794	-.004	.005
	Zapada	-.055	.040	-.220	-1.361	.184	-.137	.028

a. Dependent Variable: FR

Fig. 3.5: Valorile coeficienților de regresie, valoarea testului de semnificație individuală și intervalul de încredere generate de SPSS.

Analizând valorile din coloana "Sig" (fig. 3.5), se poate decide care predictorii contribuie semnificativ la estimarea variației criteriului. În exemplul de mai sus, observăm că doar predictorii carosabil alunecos, acoperit cu gheață și polei sunt semnificative în explicarea modelului, deoarece valorile Sig sunt < 0.05. Mai mult, aceasta caracteristică a predictorilor este arătată și de intervalele de încredere: dacă valorile cuprinse în intervalele de încredere nu "traversează" valoarea zero, atunci acestea pot fi considerate semnificative.

Modalitatea de scriere a acestor caracteristici este următoarea: Alunecos (t=-4.125, p<0.001), Gheață (t=2.498, p<0.05), Polei (2.268, p<0,05).

3.9.2 Regresia logistică

Această metodă se aplică în cazul în care criteriul sau variabila dependentă nu este măsurată printr-o scală numerică, ci printr-una dihotomică, de tipul da sau nu sau 0/1, și atunci avem de-a face cu o regresie logistică binară, sau printr-o variabilă cu mai mult de o alternativă și atunci regresie este una logistică multinomială.

Modelul regresiei logistice

Pentru a prezenta, într-o formă logică, modelul ecuației logistice, pornim de la modelul ecuației de regresie liniară simplă:

$$Y=b_0+b_1*X \quad (3.8)$$

Modelul regresiei logistice binare simple este:

$$\ln(y)=b_0+b_1*X \quad (3.9)$$

sau

$$y=\exp(b_0+b_1*X) \quad (3.10)$$

Pentru o regresie logistică binară multiplă (cu mai multe variabile independente), în analogie cu relația (3.10), modelul regresiei logistice binare devine:

$$Y=\exp(b_0+b_1*X_1+b_2*X_2+.....b_k*X_k) \quad (3.11)$$

unde,

- $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ sunt coeficienții logit (asemănători cu cei din regresia liniară).
- Y reprezintă șansa sau raportul dintre probabilitatea de a avea una dintre cele două valori posibile ale variabilei dependente, adică:

$$\ln(y) = \ln \frac{p}{1-p} \quad (3.12)$$

Probabilitatea ca o variantă a variabilei dependente să fie inclusă în prima categorie se calculează cu formula:

$$p = \frac{e^y}{1+e^y} \quad (3.13)$$

unde,

- p = probabilitatea ca valoarea variabilei dependente să fie inclusă în prima categorie.
- y = valoarea variabilei dependente conform relației (3.11).

Un parametru esențial întâlnit în regresia logistică este **raportul șanselor**. Acesta estimează schimbările intervenite în șansa ca valoarea variabilei dependente să fie inclusă în prima categorie, atunci când variabila independentă crește cu o unitate. Pentru calculul acestuia este nevoie de coeficientul logit al variabilei independente.

$$\text{Raportul șanselor} = e^b \quad (3.14)$$

unde,

- b este coeficientul logit corespunzător variabilei independente analizate.

De remarcat este faptul că niciodată curba nu va depăși probabilitatea 1 și nu va avea valori sub zero.

Testarea și interpretarea coeficienților logit

Acești coeficienți arată măsura în care se modifică șansele ca variabila dependentă să fie 1 sau 0, când unul dintre predictorii asociați crește cu o unitate, în condițiile în care toți ceilalți predictorii rămân constanți.

La fel ca în regresia liniară, coeficienții logit trebuie testați, pentru a se verifica dacă aceștia au sau nu o influență semnificativă asupra variabilei dependente. Pentru acestea, se utilizează două metode: testul statistic Wald și testul Hi patrat χ^2 al pasului. Interpretarea coeficienților logit se poate face prin factori sau prin procente.

3.9.3 Alte tipuri de regresie

După anii 2000, majoritatea cercetărilor au propus noi tipuri de modele predictive sau explicative. După cum se arată în [79], următoarele tipuri de modele prezintă ușurință și flexibilitate în estimarea variabilelor: modelul Poisson, cel "*Negativ Binominal*", "*Poisson Lognormal*" și modelul "*Zero Inflated*" (utilizat atunci când se analizează volume mari de date unde majoritatea predictorilor au valoare negativă).

4. INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ÎN ACCIDENTELE DE CIRCULAȚIE DIN ROMÂNIA

4.1 Introducere

Condițiile de mediu, în special cele meteorologice, au un mare impact asupra relației dintre conducătorul auto – vehicul – mediul rutier și afectează considerabil siguranța circulației rutiere [72]. Acest capitol este dedicat cercetării influenței diferitelor condiții meteorologice asupra accidentelor rutiere produse pe diferite categorii de drumuri din România, evenimente rutiere în urma cărora au rezultat vătămări ale persoanelor implicate.

Clima României este descrisă a fi una temperat continentală de tranziție [80], unde temperaturile și cantitățile de precipitații diferă de la o zonă geografică la alta. Prin urmare, și caracteristicile anotimpurilor diferă de la o regiune la alta.

Pentru efectuarea studiului, s-au luat în considerare accidentele rutiere cauzatoare de vătămări corporale produse în România în perioada 01.01.2011 – 31.12.2014, pe diferite categorii de drumuri, datele fiind agregate la un nivel lunar (pe lunile în care s-au produs). Pentru corelarea numărului de accidente cu condițiile meteorologice au fost luate în considerare temperatura medie lunară și cantitatea medie lunară de precipitații, precum și prezența unor fenomene meteorologice care afectează siguranța sistemului traficului rutier (lapoviță, ceață, zăpadă, polei, ploaie, etc).

Din păcate, România este recunoscută ca fiind statul care înregistrează cea mai mare rată de mortalitate rutieră din întreaga Uniune Europeană, costurile accidentelor rutiere ridicându-se¹ la aproximativ 0.95 % din Produsul Intern Brut al țării noastre [8]. De aceea, de-a lungul timpului, accidentele rutiere au început să constituie o reală problemă economică și socială care afectează nu numai siguranța rutieră din România, dar pune presiune pe sistemele de sănătate și asigurări din țara noastră. Identificarea legăturilor dintre condițiile meteorologice și accidentele rutiere va ajuta autoritățile guvernamentale și locale din România să implementeze măsuri reale de siguranță rutieră care vor conduce la reducerea numărului de accidente de circulație cauzatoare de vătămări corporale și, implicit, la scăderea costurilor imense generate de către acestea.

4.2.2 Variabile independente

Pentru modelele care urmează a fi dezvoltate, sunt luate în considerare următoarele variabile dependente [83], [84], [85], [86]:

Temperatura medie lunară M_{AT} .

În fig. 4.3, sunt prezentate temperaturile medii lunare (°C) măsurate în România în perioada 01.01.2011 – 31.12.2014. După cum se poate observa din fig. 4.3, temperaturile medii lunare pozitive urmează aproximativ același tipar anual, cu excepția anului 2013 când cele mai mari valori ale acestora se înregistrează în luna iulie. În ceea ce privește valorile negative ale M_{AT} graficul din figura 4.3 nu poate oferi aprecierea unor tipare sezoniere.

¹ La momentul publicării studiului privind estimarea costurilor accidentelor de circulație din România [Drosu A., Cofaru C. (2017) Estimating the Costs Caused by Road Traffic Accidents in Romania. In: Chiru A., Ispas N. (eds) CONAT 2016 International Congress of Automotive and Transport Engineering. CONAT 2016. Springer, Cham]

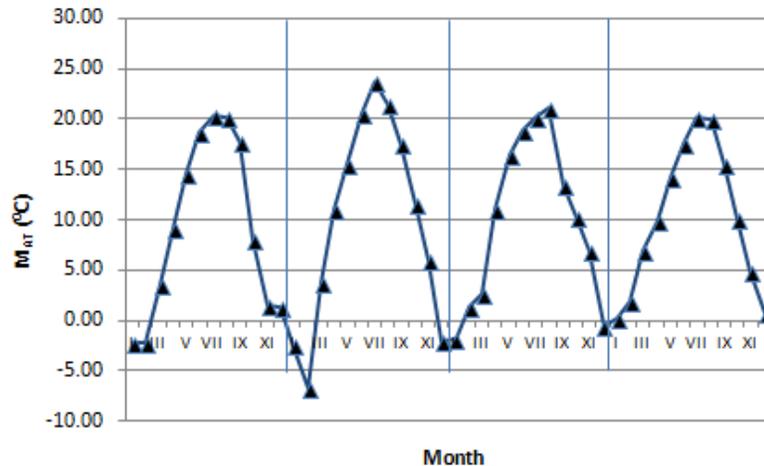


Fig. 4.3: Temperaturile medii lunare M_{AT} ($^{\circ}C$) înregistrate în România în perioada 01.01.2011 – 31.12.2014 [72].

Cantitățile medii lunare ale precipitațiilor M_{APA} .

Cantitățile medii lunare ale precipitațiilor M_{APA} (mm) înregistrate în România în perioada 01.01.2011 – 31.12.2014 sunt prezentate în fig. 4.4.

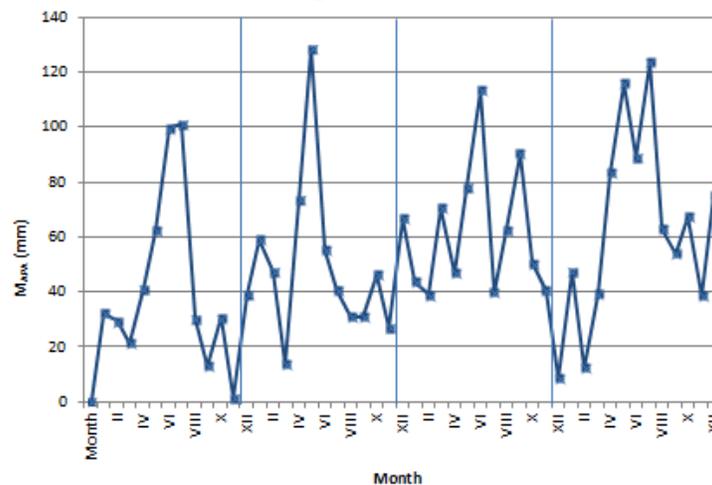


Fig. 4.4: Cantitățile medii lunare ale precipitațiilor M_{APA} (mm) înregistrate în România în perioada 01.01.2011 – 31.12.2014 [72].

Luând în considerare diversele forme de relief din România, situate în zone cu climate diferite, cantitățile de precipitații variază substanțial de la o lună la alta, după cum se poate observa din fig. 4.4. Mai mult, cantități mari de precipitații, a căror predictibilitate nu poate fi cunoscută decât cu foarte puțin timp înaintea declanșării acestora, sunt prezente pe o durată scurtă pe drumuri unde se înregistrează valori ridicate ale volumelor de trafic.

Prezența altor fenomene meteorologice

De asemenea, ca și variabile dependente, este luată în considerare, pe baza unei agregări lunare a datelor, prezența unor fenomene meteorologice care afectează serios relația dintre componentele sistemului traficului rutier (conducători auto – vehicul – mediul rutier).

Prin urmare, ca și variabile dependente, va mai fi luată în considerare prezența următoarelor fenomene: lapoviță (SL), zăpadă (SN), grindină (IS), averse de ploi torențiale (RS), ploi torențiale (SR), precipitații mixte (MP), viscol (SS), intensificări ale vântului (WI), ceață (F), chiciură (R), polei (GF), ploaie înghețată (HF) și burniță (D). Aversele de ploi torențiale (RS) sunt fenomene în care, pe o perioadă scurtă de timp, se înregistrează ploi torențiale de mare intensitate și în care se generează mari cantități de apă.

Aceste variabile sunt variabile categoriale. Pentru a putea fi utilizate ca și variabile independente în cadrul unui proces de modelare liniară prin metoda regresiei multiliniare, acestea trebuie transformate (convertite) în așa-numitele "variabile dummy" [74].

Prezența acestor fenomene meteorologice a fost identificată, în Rapoartele Anuale ale Administrației Naționale de Meteorologie, în lunile în care acestea s-au produs [83], [84], [85], [86]. Pentru a fi transformate în variabile dummy, valoarea "0" a fost atribuită absenței acestora, iar valoarea "1" prezenței acestora.

Toate variabilele utilizate în acest studiu (dependente și independente), precum și acronimele acestora, sunt prezentate în tab. 4.1.

Tab. 4.1: Variabilele dependente și independente utilizate în acest studiu și acronimele acestora.

Tipul variabilei	Acronim	Denumirea variabilei
Variabile dependente	N_{acc}	Numărul lunar al accidentelor rutiere cauzatoare de vătămări corporale.
	H_f	Numărul lunar de de vătămări corporale rezultate din accidentele rutiere produse pe autostrăzi.
	R_f	Numărul lunar de vătămări corporale rezultate din accidentele rutiere produse pe drumurile situate în zonele rurale.
	U_f	Numărul lunar de de vătămări corporale rezultate din accidentele rutiere produse pe drumurile situate în zonele urbane.
Variabile independente	M_{AT}	Temperaturile medii lunare
	M_{APA}	Cantitățile medii ale precipitațiilor lunare
	SL	Prezența lunară a lapoviței
	SN	Prezența lunară a ninsorilor
	IS	Prezența lunară a grindinei
	RS	Prezența lunară a averselor de ploi torențiale
	SR	Prezența lunară a ploilor torențiale
	MP	Prezența lunară a precipitațiilor mixte
	SS	Prezența lunară a viscolului
	WI	Prezența lunară a intensificărilor vanturilor
	F	Prezența lunară a ceței
	R	Prezența lunară a chiciurii
	GF	Prezența lunară a poleiului
HF	Prezența lunară a ploilor înghețate	

	D	Prezența lunară a burniței
--	---	----------------------------

Rezultatele obținute în cea de a II-a rundă de regresie sunt prezentate în tabelul 4.3.

Tab. 4.3: Rezultatele regresiei multiliniare, valorile calculate și teoretice *t* Student și deciziile privitoare la semnificația individuală a fiecărei variabile independente, precum și ecuațiile de regresie ale modelelor rezultate pentru N_{acc} , R_f și U_f cu M_{AT} și RS drept variabile independente.

Variabilele dependente	N_{acc}	R_f	U_f
Coeficientul de corelație multiplă "Multiple R"	0.852	0.601	0.609
Coeficientul de determinație R^2	0.727	0.362	0.371
Coeficientul ajustat de determinație R^2	0.715	0.333	0.343
Eroarea Standard	244.659	15.837	19.488
$F_{calculat}$	60.051	12.767	13.281
$F_{teoretic}$	3.204	3.204	3.204
Decizii privind testele de semnificație globală	$F_{calculat} > F_{teoretic} \Rightarrow$ regresia este semnificativă la nivel global	$F_{calculat} > F_{teoretic} \Rightarrow$ regresia este semnificativă la nivel global	$F_{calculat} > F_{teoretic} \Rightarrow$ regresia este semnificativă la nivel global
$t_{teoretic}$	2.014	2.014	2.014
$t_{calculat}$ numai pentru variabilele semnificative la nivel individual	$t_{MAT}=10.822$ $t_{RS}=-3.772$	$t_{MAT}=4.951$ $t_{RS}=-3.297$	$t_{MAT}=5.013$ $t_{RS}=-3.490$
Deciziile privind testele de semnificație individuală a coeficienților variabilelor independente	$ t_{MAT} > t_{teoretic}$ $ t_{RS} > t_{teoretic}$ $\Rightarrow M_{AT}$ și RS contribuie semnificativ la variația variabilei dependente N_{acc}	$ t_{MAT} > t_{teoretic}$ $ t_{RS} > t_{teoretic}$ $\Rightarrow M_{AT}$ și RS contribuie semnificativ la variația variabilei dependente R_f	$ t_{MAT} > t_{teoretic}$ $ t_{RS} > t_{teoretic}$ $\Rightarrow M_{AT}$ și RS contribuie semnificativ la variația variabilei dependente U_f
Ecuațiile de regresie ale modelelor rezultate după testele de semnificație individuală ale variabilelor independente	$N_{acc}=1812.438+52.385*M_{AT} - 306.340*RS$	$R_f = 53.259+1.551*M_{AT}- 17.334*RS$	$U_f = 93.698+1.933*M_{AT}- 22.573*RS$

4.4 Discutarea rezultatelor

4.4.1 Modelul N_{acc}

Ecuția modelului liniar N_{acc} este următoarea:

$$N_{acc} = 1812.438 + 52.385 * M_{AT} - 306.340 * RS \quad (4.3)$$

În figura 4.7 este prezentat graficul valorilor reale și a celor estimate ale N_{acc} cu ajutorul relației (4.3).

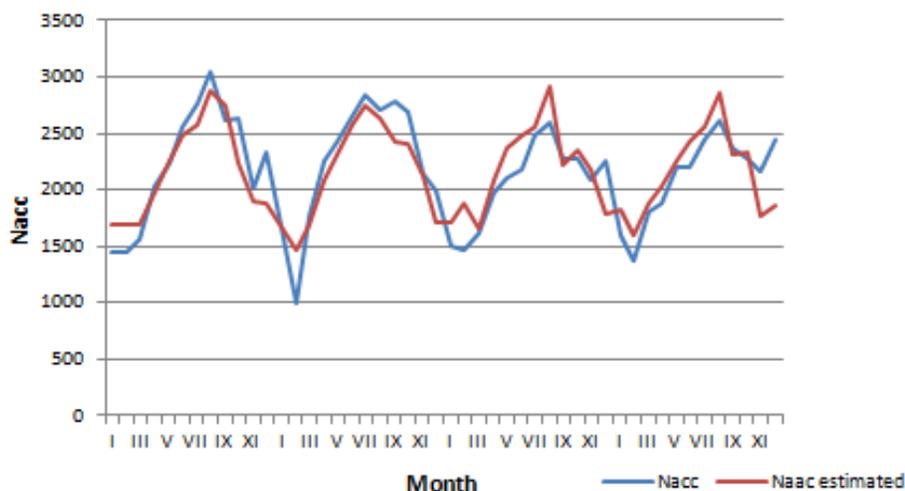


Fig. 4.7: Valorile reale și cele estimate ale N_{acc} [72].

Valoarea coeficientului de determinare $R^2 = 0.7274$ arată că modelul N_{acc} explică variația numărului de accidente N_{acc} într-o proporție de 72.74%. Coeficientul de corelație multiplă Multiple R = 0.8529 demonstrează o intensitate mare a relației între N_{acc} , M_{AT} și RS .

Variația N_{acc} este explicată numai de valorile temperaturilor medii lunare M_{AT} și de prezența averselor de ploaie torențială RS .

Analizând modelul N_{acc} (ecuația 4.3), observăm că există o corelație pozitivă cu temperatura medie lunară și una negativă cu prezența averselor de ploaie torențială. Cu alte cuvinte, temperaturile medii lunare pozitive (condiții meteo-rutiere bune) conduc la creșterea numărului de accidente, iar aversele de ploaie contribuie la scăderea numărului acestora. Acest lucru este logic, deoarece aversele de ploaie sunt fenomene de ploaie cu foarte mare intensitate dar de scurtă durată (ploi abundente), în timpul cărora este afectată vizibilitatea și siguranța conducătorilor auto, aceștia preferând să nu mai își continue călătoria pe timpul cât aceste fenomene sunt prezente.

O scădere a temperaturii medii lunare conduce la un număr mai mic de accidente rutiere lunare. Acest lucru se explică și prin faptul că cele mai scăzute temperaturi medii lunare sunt asociate cu perioade sezoniere în care volumele de trafic au valori mai mici decât în perioadele de vacanță. De asemenea, temperaturile negative sunt asociate cu prezența unor fenomene meteorologice care influențează comportamentul și abilitățile șoferilor, motiv pentru care aceștia își măresc atenția și concentrarea, dar și preferă să-și amâne călătoriile până la dispariția unor asemenea fenomene.

Noul model estimat al N_{acc} arată faptul că în cazul unei creșteri cu 1°C a temperaturii medii lunare, va avea loc o creștere cu 2.4 % a numărului lunar al accidentelor cauzatoare de vătămări corporale, în condițiile în care variabila RS rămâne constantă.

Modelul N_{acc} este cel mai bine explicat de către temperatura medie lunară și prezența averselor de ploaie torențială, fenomene meteorologice care conduc la scăderea numărului lunar al accidentelor de circulație. Aceste fenomene reduc drastic vizibilitatea conducătorilor auto și afectează aderența suprafeței carosabile. De asemenea, prezența acestui fenomen meteorologic conduce la o scădere temporară bruscă a volumelor de trafic, conducătorii auto preferând să întrerupă sau să-și amâne călătoriile.

5. INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE MEDIU ASUPRA GRADULUI DE SEVERITATE AL ACCIDENTELOR RUTIERE

5. 1 Introducere

Condițiile de mediu, în mod special cele care afectează aderența carosabilului și a vizibilității conducătorilor auto, influențează nu numai producerea accidentelor de circulație, dar și gradul de gravitate al acestora și, implicit, dimensiunile daunelor rezultate [75]. Gradul de vătămare al victimelor rezultate din accidentele rutiere produse în condiții de vizibilitate redusă din cauza ceții este mai mare comparativ cu alte condiții meteorologice, numărul autovehiculelor implicate fiind mai mare. În aceste condiții de ceață, în coliziunile frontale și cele față – spate, riscul de rănire gravă are cele mai mari valori [87]. De asemenea, condițiile de vreme severă, în special pe timpul precipitațiilor și al ceții, conduc la creșterea riscului de accidente cu consecințe grave [88], iar între călătoriile desfășurate pe suprafețe carosabile umede sau pe timp de ceață și riscul de producere a accidentelor există o legătură directă [89]. În plus, vizibilitatea și aderența carosabilului constituie factori de risc majori în producerea accidentelor de circulație.

Influența factorilor de mediu în variația riscului de producere a accidentelor rutiere și a dimensiunii gravității acestora depinde de modul de producere al accidentelor rutiere și, implicit, de tipul de coliziune.

5.2 Obiectivele cercetării

Obiectivele acestei cercetări sunt următoarele:

- Definirea metodologiei de cercetare și a variabilelor de studiu.
- Identificarea tipurilor de coliziuni în care factorii de mediu contribuie la variația variabilelor de studiu.
- Analizarea, în mod individual, a acțiunii comune a factorilor de mediu asupra variației variabilelor de studiu.
- Elaborarea concluziilor cercetării.

5.3.2 Gradul de severitate al daunei

Gradul de severitate al unui accident este determinat nu numai de starea victimelor, adică de gradul de vătămare a acestora, ci și de mărimea daunelor care au rezultat din accidente, în principal cele produse autovehiculelor implicate în coliziunile rutiere. Pentru a putea cuantifica mărimea daunelor rezultate dintr-un accident rutier, vom lua în considerare numărul autovehiculelor implicate în acestea și definim Indicele de Severitate al Daunei (ISD), după cum urmează:

$$ISD = \frac{NVM}{NM} \quad (5.1)$$

unde,

- NVM = numărul de vehicule implicate în accidentele lunare
- NM = numărul de accidente lunare

5.3.3 Gradul de severitate al accidentelor rutiere.

Nivelul de siguranță rutieră la nivel național este cuantificat prin așa numiții "indicatori ai transportului și siguranței rutiere" [2]. Printre aceștia, aceștia, se numără și cei care oferă o imagine de ansamblu asupra riscului de vătămare: riscul letal și riscul de vătămare.

Riscul letal lunar (M_{FR}) se definește conform relației următoare:

$$M_{FR} = \frac{F}{NM} \quad (5.2)$$

unde,

- F = numărul de decese lunare produse în accidentele de circulație.

Riscul de vătămare lunar (M_{IR}) este dat de relația:

$$M_{IR} = \frac{MI}{NM} \quad (5.3)$$

unde,

- MI = numărul de persoane rănite lunar în accidentele cauzatoare de vătămări corporale (NM).

În statisticile de siguranță rutieră, se menționează trei grade de vătămare a persoanelor implicate în accidentele rutiere: persoane decedate (în termen de maxim 30 zile de la data producerii accidentului de circulație), persoane rănite grav și persoane rănite ușor. Prin urmare, în conformitate cu formula (5.3) putem să definim Riscul de Vătămare Gravă (M_{GIR}) și Riscul de Vătămare Ușoară (M_{SIR}):

$$M_{GIR} = \frac{MGI}{NM} \quad (5.4)$$

$$M_{SIR} = \frac{MSI}{NM} \quad (5.5)$$

unde,

- M_{GI} = numărul persoanelor rănite grav
- M_{SI} = numărul persoanelor rănite ușor în accidentele de circulație NM.

5.3.4 Definirea variabilelor de studiu și a metodei de modelare.

Pentru a putea explica care este setul de factori care influențează Indicele de Severitate al Daunei (ISD), Riscul Letal (M_{FR}), Riscul de Vătămare Gravă (M_{GIR}) și Riscul de Vătămare Ușoară (M_{SIR}) în accidentele de circulație produse prin diferite tipuri de coliziuni, vom utiliza metoda regresiei multiliniare în scop explicativ și softul statistic SPSS.

Fiind vorba de o regresie multiliniară utilizată în scop explicativ, vom utiliza noțiunile de variabile dependente și independente. Indicele de Severitate al Daunei (ISD), Riscul Letal (M_{FR}), Riscul de Vătămare Gravă (M_{GIR}) și Riscul de Vătămare Ușoară (M_{SIR}) vor fi declarate ca și variabile dependente, iar factorii meteorologici și cei care influențează starea carosabilului vor fi utilizați ca și variabile independente (tab. 5.1).

Tab. 5.1: Variabilele dependente și independente care vor fi utilizate în regresiiile multiliniare derulate în scop explicativ.

Variabile dependente	Condiții meteorologice și de aderență a carosabilului	Variabile independente
ISD	Factori care afectează starea de aderență a carosabilului	Alunecos (Slip)
M_{FR}		Gheață pe carosabil (Icy)
M_{GIR}		Mâzgă (Slm)
M_{SIR}		Condiții meteorologice
	Umed (Wet)	
	Uscat (Dry)	
	Zăpadă (Snow)	
	Alți factori care afectează aderența (Ora)	
	Ceață (Fog)	
	Lapoviță (Slt)	
	Ninsoare (Snw)	
	Vreme normală (Norm)	
	Ploaie (Rain)	
Vânt puternic (Swind)		
Viscol (Storm)		

5.5 Evaluarea gradului de influență al factorilor de mediu în explicarea variației ISD, M_{FR} , M_{GIR} sau M_{SIR} în fiecare tip de coliziune

5.5.1 Coliziuni laterale

În cazul coliziunilor laterale (SC), riscul de vătămare ușoară M_{SIR} este explicat de către factorii de vreme într-o proporție de 51.30 %, întrucât coeficientul de determinație are valoarea $R^2=0.513$. Mai mult, acest model are o mare putere explicativă deoarece $p<0.001$. În urma derulării tehnicii de regresie liniară multiplă utilizând SPSS obținem datele din tab. 5.3.

Tab. 5.3: Valorile coeficienților ecuației de regresie explicate prin factorii meteorologici, în cazul coliziunilor laterale corespunzătoare M_{SIR} , ai celor standardizați, valorile t și $Sig.$, precum și intervalele de încredere ale acestora.

Coeficienți								
Model	Coeficienți nestandardizați		Coeficienți standardizați	t	Sig.	95.0% Interval de încredere pentru B		
	B	Std. Error	Beta β			Limita inferioară	Limita superioară	
1	(Constant)	1.686	0.098	-	17.270	0.000	1.486	1.886
	Ceață	0.048	0.042	0.177	1.122	0.271	-0.039	0.134
	Lapoviță	0.253	0.103	0.414	2.450	0.021	0.042	0.464
	Ninsoare	0.016	0.042	0.064	0.385	0.703	-0.070	0.102
	Normală	-0.001	0.001	-0.146	-0.979	0.336	-0.004	0.001
	Ploaie	-0.005	0.012	-0.062	-0.419	0.678	-0.031	0.020
	Vânt puternic	-0.305	0.116	-0.400	-2.639	0.013	-0.542	-0.069

După cum se poate observa din tabelul 5.3, variabilele care estimează corect evoluția M_{SIR} sunt Lapovița ($t=2.450$, $p<0.05$) și Vântul puternic ($t=-2.639$, $p<0.05$).

Prin urmare, în cazul coliziunilor laterale produse în diverse condiții de vreme, variația Riscului de Vătămare Ușoară este definită de relația:

$$M_{SIR} = 1.686 + 0.253 \cdot \text{Lapoviță} - 0.305 \cdot \text{Vânt puternic} \quad (5.7)$$

Cum cele două variabile independente sunt semnificativ statistic, coeficientul de regresie corespunzător Lapoviței ($b=0.253$) este unul pozitiv, arătând existența unei legături directe între Riscul de Vătămare Ușoară M_{SIR} și prezența lapoviței la momentul producerii accidentelor rutiere. Coeficientul de regresie aferent variabilei semnificative Vânt puternic ($b=-0.305$) arată o legătură inversă între M_{SIR} și acest predictor. Coeficienții nestandardizați b arată cu cât se modifică evoluția variabilei dependente atunci când valoarea predictorilor crește cu o unitate, în condițiile în care ceilalți predictorii rămân constanți. În cazul coliziunilor laterale, Riscul de Vătămare Ușoară crește cu 0.253 atunci când numărul accidentelor care s-au produs pe timp de lapoviță crește cu o unitate, în condițiile în care numărul accidentelor produse pe timp de vânt puternic va rămâne constant.

Coeficienții standardizați ai predictorilor (β), din tab. 5.3, stabilesc importanța predictorilor în evoluția variabilei explicative, aceștia fiind analizați în ordine descrescătoare. După cum se poate observa din tabelul 5.3, variabila care explică cel mai bine evoluția M_{SIR} este Lapovița ($\beta=0.414$), urmată de Vânt puternic ($\beta=-0.400$).

5.6 Concluzii.

Un rezultat interesant al acestei cercetări, dar și în același timp așteptat, este că, în cazul coliziunilor față – spate, prezența ceții explică variația riscului de rănire gravă într-o proporție de 54.90 %. Când numărul accidentelor care s-au produs pe timp de ceață crește cu două unități, atunci

riscul de rănire gravă aproape că își dublează valoarea. Cum prezența ceții afectează vizibilitatea conducătorilor auto, rezultatele acestei cercetări pot să ajute la implementarea unor programe de conducere preventivă privitoare la distanțele de urmărire sau de oprire în siguranță, în vederea reducerii numărului victimelor rănite grav.

În cazul coliziunilor prin acroșare, volumul daunelor crește în cazul accidentelor produse pe o vreme normală, comparativ cu cele produse în alte condiții de vreme. În același tip de coliziuni, riscul letal (de deces) este corelat pozitiv cu numărul accidentelor produse pe carosabil acoperit cu gheață și negativ cu cel al evenimentelor unde s-a semnalat prezența poleiului pe carosabil, acțiunea comună a acestor două condiții de aderență contribuind, în proporție de 52.50 %, la explicarea riscului letal.

6. ELABORAREA MODELULUI RISCULUI DE RĂNIRE FATALĂ ÎN ACCIDENTELE RUTIERE PRODUSE PE TIMP DE PLOAIE UTILIZÂND O ABORDARE PROBABILISTICĂ

6.1 Introducere

Scopul acestui capitol este de a evalua și identifica un model de risc de deces în accidentele rutiere care s-au produs pe timp de ploaie, bazat pe un set de date agregate la un nivel foarte scăzut. Este utilizată o abordare probabilistică pentru a evalua riscul de deces ca și funcție produs între probabilitate și consecința accidentelor rutiere grave, prin utilizarea Regresiei Logistice Binare și a celei Multiliniare, cu patrusprezece tipuri de predictorii care au legătură cu configurația drumului, marcajele acestuia, ora la care s-au produs accidentele și condițiile de iluminare. De asemenea, este luată în considerare și influența bioritmurilor asupra comportamentului conducătorilor auto.

Condițiile de mediu, printre care și cele meteorologice, merită a fi cercetate din cauza varietății și complexității acestora. Zăpada este considerată un factor de risc rutier în Norvegia, pe când în țările din Europa Centrală și de Sud-Est acest risc este atribuit precipitațiilor, în special ploilor. În principal, două subiecte sunt de interes în cercetările care privesc siguranța rutieră: condițiile meteorologice care conduc la creșterea riscului de deces în accidentele rutiere și nivelul de agregare și modul de grupare al datelor analizate.

În timp ce relația dintre numărul accidentelor și cantitățile de precipitații este una inversă și semnificativă (la nivel lunar de agregare), cea dintre numărul de accidente agregate la nivel zilnic și cantitățile de precipitații este una puternic pozitivă (directă) [95]. În România, pe baza datelor agregate lunar, numărul accidentelor cauzatoare de vătămări corporale (decese sau răniri) este explicat la nivel semnificativ de către temperatura medie lunară și nu este explicat de către cantitățile medii lunare de precipitații [72].

Nivelul de agregare al datelor este un topic foarte important în studierea influenței condițiilor de mediu [96]. Atunci când se dorește analizarea efectului imediat al precipitațiilor asupra traficului rutier, nu trebuie luat în considerare un nivel de agregare anual sau lunar. Pentru eliminarea acestui dezavantaj, trebuie analizat un nivel scăzut de agregare (sub cel zilnic). Cele mai multe studii

prezentate în literatura de specialitate analizează aceste aspecte pe baza unor date agregate la nivel lunar sau anual și foarte puțini cercetători se încumetă să analizeze seturi de date agregate zilnic [97]. Mai mult, în acele cercetări care agreghează datele la nivel zilnic nu se realizează modelări în contextul seriilor de date istorice. Alți autori [98] au atras atenția asupra distorsiunilor rezultatelor care sunt cauzate de datele agregate la un nivel înalt.

Prin urmare, pentru a putea surprinde efectul imediat al precipitațiilor asupra riscului de deces în accidentele rutiere produse în România, în acest studiu datele sunt analizate la un nivel de agregare foarte scăzut (la nivelul individual al fiecărui accident), și nu la un nivel mai înalt de agregare.

6.3 Metodologie

6.3.1 Definirea riscului fatal

În abordarea clasică, riscul este definit ca o funcție tip "produs" între probabilitate și consecință [108]. Prin urmare, riscul de deces (fatal) în accidentele rutiere produse în condiții de ploaie poate fi scris sub forma:

$$R_F = P_F \times S_F \quad (6.1)$$

unde,

- R_F = riscul de deces.
- P_F = probabilitatea ca un accident fatal să se producă în condiții de ploaie
- S_F = severitatea, ca și consecință, a unui accident fatal.

6.3.2 Metodologia estimării P_F

Pentru estimarea probabilității ca un accident să fie fatal, adică să se fi soldat cu cel puțin o persoană decedată, se va utiliza Regresia Logistică Binară (RLB), derulată cu ajutorul SPSS. RLB mai este cunoscută și sub denumirea de "*model logit*" și este utilizată când o variabilă de răspuns care trebuie să fie modelată este binară (are două variante de răspuns) și se bazează pe un set de variabile predictor. RLB va fi aplicată pentru a estima probabilitatea unui accident fatal.

Modelul matematic al RLB este următorul [74]:

$$\ln(Y_{fp}) = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_k \cdot X_k + \dots + b_n \cdot X_n \quad (6.2)$$

$$\text{sau } Y_{fp} = \exp(b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_k \cdot X_k + \dots + b_n \cdot X_n) \quad (6.3)$$

unde,

Y_{fp} sunt șansele ca un accident rutier să fie fatal. Șansele sunt definite ca raportul dintre probabilitatea "p" ca un accident să fie fatal (probabilitatea de succes) și probabilitatea "q" ca un accident să fie non-fatal (probabilitatea de eșec). Prin urmare, logaritmand Y_{fp} , se poate scrie:

$$\ln(Y_{fp}) = \ln\left(\frac{p}{q}\right) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad (6.4)$$

- $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ sunt coeficienții logit (asemănători celor din regresia liniară) și b_0 este interceptul (constantă).
- $X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_n$ sunt variabilele predictor

- $k = 1, 2, \dots, n$ este numărul de predictorii utilizați.

Trebuie menționat faptul că șansele iau valori în intervalul $[0, \infty)$ iar probabilitățile numai în intervalul $[0, 1]$.

Pentru calculul P_F se va utiliza relația:

$$P_F = \frac{e^{Yfp}}{1 + e^{Yfp}} \quad (6.5)$$

Odată ce valorile P_F vor fi calculate cu ajutorul relației (6.5) vor fi stabilite și șansele ca un accident să fie fatal (FRA) sau non-fatal (NFRA), iar coeficienții b_k vor fi interpretați pe baza valorilor șanselor. După aceasta, raportul șanselor poate fi calculat, valoarea acestuia arătând cât de mult variază șansele atunci când un accident rutier este fatal, în condițiile în care toți ceilalți predictorii rămân constanți.

Raportul șanselor se calculează cu următoarea formulă:

$$OR \text{ (odds ratio)} = e^{b_k} \quad (6.6)$$

6.3.3 Metodologia estimării S_F

Severitatea sau consecința unui FRA va fi evaluată utilizând un Scor de Severitate (SS), parametru care ia în considerare numărul victimelor accidentelor rutiere și gradul de severitate al vătămarilor: decese, răniri grave și răniri ușoare. Pentru fiecare dintre accidentul rutier i va fi calculat un scor de severitate SS_i , prin utilizarea frecvențelor absolute ale numărului victimelor, gradul lor de vătămare și ponderi de cost relative [99]. Relația de calcul a scorurilor individuale de severitate este:

$$SS_i = V_{1i} * p_1 + V_{2i} * p_2 + V_{3i} * p_3 \quad (6.9)$$

unde,

- SS_i = scorul de severitate al accidentului i .
- V_{1i} = numărul de decese rezultate din accidentul i .
- V_{2i} = numărul victimelor grav rănite în accidentul i .
- V_{3i} = numărul victimelor rănite ușor în accidentul i .

p_1, p_2, p_3 sunt ponderile de cost relative pentru fiecare tip de leziune (deces, rănire gravă și rănire ușoară). Aceste ponderi sunt relative la costurile sociale ale accidentelor de circulație, așa cum au fost estimate într-un raport publicat în 2019 [100]. În tab. 6.1 sunt prezentate costurile sociale pentru accidente rutiere din România, pentru fiecare tip de vătămare (deces = V_1 ; rănire gravă = V_2 ; rănire ușoară = V_3):

Tab. 6.1: Componentele costurilor sociale ale accidentelor rutiere din România și costurile totale ale acestora CV_1, CV_2 și CV_3 pentru fiecare tip de rănire.

Tipul de rănire	Costuri umane (€)	Costuri cu pierderea producției (€)	Costuri medicale (€)	Costuri administrative (€)	Total costuri raportate la fiecare tip de rănire (€)
Deces (V_1)	2,257,137	183,549	1,383	969	$CV_1 = 2,443,038$

Rănire gravă (V ₂)	322,445	12,219	4,257	667	CV ₂ = 339,588
Rănire ușoară (V ₃)	24,803	747	366	287	CV ₃ = 26,203

Influența ritmurilor circadiene asupra comportamentului conducătorilor auto este o abordare inovatoare a acestui studiu. Momentele de producere ale accidentelor au fost grupate pe intervale de timp (TME) în funcție de ritmurile circadiene (bioritmurile) corpului uman (tab. 6.2). Bioritmurile fiecărui individ depind de ciclurile de odihnă ale acestuia și de timpul în care se desfășoară activitățile zilnice. Riscul de accident crește pe măsură ce conducătorii călătoresc un anumit număr de ore de conducere, instalându-se o stare accentuată de oboseală. Într-un studiu care investighează accidentele cu un singur vehicul [101], starea de somnolență a șoferilor este asociată cu ritmurile circadiene și condițiile de iluminare. Acest tip de accidente au loc în principal de patru ori pe zi, când condițiile de iluminare au fluctuații și ritmurile circadiene sunt scăzute (02:00 - 04:00 AM și 02:00 - 04:00 AM) și în condiții de iluminare similare, dar cu ritmuri circadiene ridicate (09:00 - 11:00 AM și 10:00 - 12:00 AM).

În 1997, conceptul de „*black time*” este introdus pentru prima dată pentru a evidenția faptul că riscul de accident este mai mare în timpul nopții decât în timpul zilei pentru acele persoane care au o viață diurnă [102]. Între miezul nopții și 04:00 AM oamenii simt o nevoie mai mare de somn sau odihnă și o nevoie mai mică între orele 02:00 AM - 04:00 PM [103].

6.4.2 Interpretarea predictorilor

Din tabelul 6.5 reiese faptul că în intervalul orar 02:00 – 04:59, șansele ca un accident rutier să fie fatal sunt de 1.624 ori mai mari decât între orele 16:00 – 20:59, acest interval de timp fiind considerat de referință ($hTME_1: \text{Exp}(B) = 1.624, \text{Wald}(1) = 6.519, p < 0.05$), afirmație care confirmă rezultatul unor cercetări anterioare [105]. În intervalul de timp 12:00 – 13:59 șansele unui accident de a fi fatal sunt de 0.598 mai mici decât față de intervalul de referință 16:00 – 20:59 ($dTME_4: \text{Exp}(B) = 0.598, \text{Wald}(1) = 9.843, p < 0.05$).

Conducerea după miezul nopții, în condiții de ploaie, este periculoasă în ceea ce privește gravitatea rănilor, deoarece șansele ca un accident să fie letal sunt de 1.624 ori mai mari în intervalul de timp 02:00 - 04:59 decât între 16:00 - 20:59, perioadă în care se înregistrează volume de trafic mai mari. Acest rezultat vine să confirme cercetările anterioare care demonstrează influența bioritmurilor asupra comportamentului șoferilor. În timpul nopții, reacțiile șoferilor sunt puternic influențate de ritmurile circadiene. Între orele 02:00 - 04:59, temperatura corpului, tensiunea arterială și activitatea cardiacă scad. Mai mult, șoferii care călătoresc peste acest interval nu se pot confrunta cu situații stresante și nu pot lua decizii corecte, deoarece corpul uman încetează să mai producă cortizol, care este hormonul anti-stres [106].

Un accident care se produce pe un drum situat în interiorul localităților are o mai mare gravitate decât cel produs în afara acestei zone, deoarece șansele ca acesta să fie fatal sunt mai mari cu 0.735 (PA: Exp(B) = 0,735, Wald(1) = 9,734, p <0,05).

Cu toate că în literatura de specialitate acostamentele consolidate sunt considerate un element de siguranță important al drumurilor, șansele pentru un accident produs pe drumuri unde nu există acostamente sunt de 0.737 ori mai mici decât ale accidentelor produse pe drumuri cu acostamente consolidate (bSH_no: Exp(B) = 0.737, Wald(1) = 7.023, p<0.05). Drumurile fără acostamente consolidate sunt specifice zonelor rurale, întâlnindu-se, în special, pe drumurile comunale, unde lipsa elementelor de siguranță și a semnalizării precare conduc la o reducere involuntară a vitezei de deplasare simultan cu creșterea gradului de atenție a conducătorilor auto.

Referitor la accidentele de circulație care au loc pe timp de ploaie pe drumuri unde nu există sisteme de iluminat public, șansele acestora de a fi fatale sunt de 1.532 ori mai mari comparativ cu cele aferente zonelor unde cerul este noros (dLG_nsl: Exp(B) = 1.532, Wald(1) = 9.863, p<0.05). În mod asemănător, pentru un accident produs pe timp de ploaie în zone unde există iluminat public funcțional există șanse de 1.373 ori mai mari ca un astfel de accident să fie fatal, comparativ cu accidentele produse în zone cu cer înnorat. Ambele variabile care descriu condițiile de iluminare (dLG_nsl și cLG_fsl) sunt întâlnite la deplasările pe timp de noapte, când gradul de severitate al accidentelor rutiere este ridicat.

Șansele ca un accident rutier produs pe timp de ploaie să fie fatal cresc cu 1.365 când numărul de vehicule implicate crește cu o unitate (NV: Exp(B) = 1.365, Wald(1) = 18.709, p<0.05).

Utilizând formula (6.3), ecuația logistică a Y_{fp} poate fi scrisă acum cu valorile tuturor coeficienților B și a predictorilor prezentați în tab. 6.5. Odată ce modelul Y_{fp} este generat, P_f poate fi calculată utilizând relația (6.4).

6.5 Calculul S_f

Pentru estimarea consecințelor unui accident rutier fatal produs pe timp de ploaie vom calcula valorile scorului de severitate prin utilizarea relației (6.9) și a ponderilor relative de cost, cu relația:

$$SS_i = 7.19 * V_{1i} + 1 * V_{2i} + 0.08 * V_{3i} \quad (6.13)$$

După calcularea valorilor scorurilor de severitate pentru fiecare accident în parte acestea vor fi estimate prin utilizarea ecuației exponențiale (6.12), unde variabila $Y_{fs} = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k + \dots + b_n * X_n$ va fi modelată utilizând regresia multiliniară derulată în SPSS. Pentru fiecare model generat este realizat un test de semnificația globală. De asemenea, toți predictorii utilizați vor fi testați la nivel individual. Dacă modelul este semnificativ la nivel global, toți predictorii care nu trec de testul de semnificație individuală (testul t), vor fi înlăturați din analiză și se va relua derularea altei regresii până când toți predictorii vor fi semnificativi.

Utilizând procesul descris în paragraful de mai sus, toți predictorii sunt semnificativi numai după derularea celei de a III-a regresii, valorile primare rezultate ale acestora fiind prezentate în tab. 6.6.

Tab. 6.6: Valorile primare ale celei de a III-a regresii derulate în SPSS.

Tipul datei generate	Coeficienții datelor generate	Valorile coeficienților datelor generate
Sumarul modelului	Coeficient de corelație multiplă "R"	0.327
	Coeficient de determinație R ² "R Square"	0.107
	Coeficient ajustat de determinație "Adjusted R Square"	0.104
	Eroarea standard a estimării "Std. Error of the Estimate"	1.633

Modelul este semnificativ la nivel global ($F = 43.674$, $p < 0.05$) valoarea R^2 indică că numai 10.70 % din variația valorii logaritmului $\ln(SS_i)$ este explicată de acțiunea simultană a tuturor predictorilor. Deși valoarea R^2 este una scăzută, este dificil de a realiza o apreciere calitativă a valorii coeficientului de determinație, acesta depinzând, într-o foarte mare măsură, de domeniul cercetării [104]. În studiile "longitudinale"², o valoare obișnuită a R^2 este mai mare de 0.90, pe când în studiile exploratorii sau cele "transversale"³ (în care le putem include și pe cele care privesc siguranța rutieră), valoarea $R^2=0.01$ este una obișnuită.

Cum toți predictorii prezentați în tabelul 6.7 sunt semnificativi la nivel individual, se poate scrie ecuația de regresie și calcula Y_{fs} .

6.6 Modelul riscului de accident fatal.

Scorul de severitate este estimat utilizând relația (6.12) iar reprezentarea grafică a valorilor obținute este prezentată în figura compusă fig. 6.1 la poziția 17. Odată ce valorile SS_i sunt estimate, R_F poate fi calculat pe baza relației (6.1), reprezentarea grafică a valorilor acestuia regăsindu-se în fig. 6.1 poziția 1.

² Studiu "longitudinal"- studiu în care cercetătorii examinează reperat același esantion de indivizi pentru a determina eventualele schimbări care pot apare în timp.

³ Studiu "transversal" – în literatura de specialitate sunt întâlnite sub denumirea "cross-sectional studies". Obiectivul acestora este total opus studiilor transversale, în sensul că sunt luate în considerare esantioane care conțin diferite populații statistice, observând comportamentul acestora la un moment de timp bine definit.

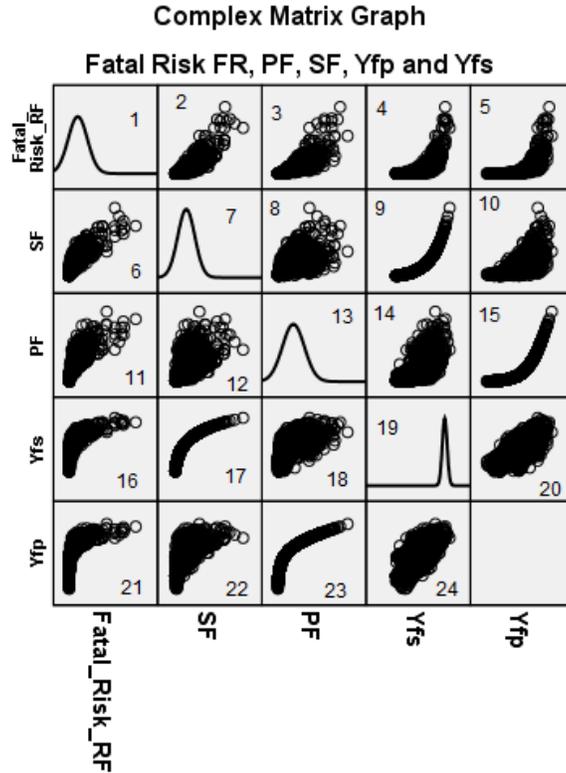


Fig. 6. 1: Reprezentarea grafică și distribuția de curbelor de frecvențe privitoare la estimarea R_F , P_F , S_F , Y_{fp} și Y_{fs} [71].

Prin urmare, modelul estimat în acest studiu este:

$$R_F = P_F \times S_F = \frac{e^{Y_{fp}}}{1 + e^{Y_{fp}}} \times e^{Y_{fs}} \quad (6.14)$$

După cum se poate observa din fig. 6.1 poziția 1, curba frecvențelor R_F este înclinată pozitiv (spre dreapta) și valorile scăzute ale riscului fiind mai puțin numeroase decât cele mai mari. Asimetria pozitivă a acestei distribuții este dovedită de către valoarea indicatorului de oblicitate "skewness" = 4.812 (o valoare depărtată de zero) și a indicatorului de boltire "kurtosis" = 39.889 (tab. 6.8), acesta din urmă demonstrând o tendință leptocurtică (spre distribuție ascuțită) cu un grup de valori omogene, majoritatea valorilor acestora fiind concentrate în jurul mediei.

De asemenea, s-a identificat un set de predictorii care explică atât variația P_F , dar și variația S_F . Analizând simultan tabelele 6.5 și 6.7 se observă că intervalul de timp 02:00 – 04:59 ($hTME_1$), locul de producere al accidentelor (PA), drumurile naționale (bRC_nro), drumurile județene (cRC_icr), drumurile unde nu există acostamente consolidate (bSH_no), prezența sistemelor funcționale de iluminat (cLG_fsl) dar și lipsa acestora (dLG_nsl), precum și alte tipuri de coliziuni, explică în mod semnificativ atât variația P_F cât și S_F .

Variabila ($hTME_1$) este asociată cu ritmurile circadiene ale corpului uman, factor important care afectează comportamentul conducătorilor auto, în special când aceștia se deplasează în condiții meteorologice diferite. Absența acostamentelor consolidate (bSH_no) și a sistemelor de iluminat (dLG_nsl) influențează gradul de siguranță pe drumurile publice, prezența acestora asigurând, în

bune condiții, păstrarea controlului transversal al autovehiculului în condiții vizibilitate redusă din cauza ploilor. Având în vedere influența acestor trei predictorii în variația riscului de accident fatal R_F , aceștia sunt considerați a fi **fundamentali** pentru modelul de risc generat în acest studiu.

6.8 Concluzii

Acest studiu arată modul în care starea suprafeței carosabile poate influența gravitatea unui accident. Prezența gropilor și a denivelărilor rare crește șansele ca un accident să fie fatal comparativ cu accidentele produse pe ploaie pe o suprafață carosabilă normală. De asemenea, conducerea pe drumuri echipate fără sisteme de iluminat duce la creșterea șanselor ca un accident să fie fatal. Cercetări suplimentare ar trebui să îmbunătățească modelul de risc generat în această lucrare prin adăugarea altor elemente predictive legate de caracteristicile șoferului, vehiculului și mediului rutier.

Acest studiu poate ajuta autoritățile rutiere în a reduce riscurile de accidente rutiere mortale pe drumurile din România și le-ar putea ajuta să prioritizeze activitățile de reabilitare a drumurilor, în vederea scăderii riscurilor de vătămare gravă. Sectoarele rutiere cu suprafețe carosabile deteriorate pot fi semnalizate digital în vederea impunerii unor limite variabile de viteză, prin sisteme inteligente conectate cu bazele de date meteorologice.

Scăderea volumelor de trafic după miezul nopții prin reducerea necesităților de deplasare, o instruire mai bună a tuturor șoferilor, campanii adecvate de siguranță rutieră și iluminarea drumurilor vor reduce riscul de deces pentru accidentele care au loc noaptea în condiții de ploaie. Mai mult, o mai bună întreținere a drumurilor și extinderea acestora cu acostamente ar duce la o diminuare a numărului accidentelor fatale și, prin urmare, va reduce costurile accidentelor din România.

Modelele estimate ale P_F și S_F ar putea fi îmbunătățite prin adăugarea și testarea altor tipuri de predictorii referitori la factorul uman (vârsta conducătorilor auto, categoria permisului și vechimea acestuia, starea medicală a conducătorilor auto, etc) și a vehiculelor implicate în aceste accidente (vechimea autovehiculelor, stele de siguranță EuroNCAP, tipul motorizării, vechimea anvelopelor, etc).

Trebuie remarcat faptul că valorile mai scăzute ale coeficienților de determinare R^2 se datorează, în principal, nivelului de agregare a datelor, deoarece fiecare accident este analizat individual. Gruparea datelor pe baza intervalelor de timp, zile, luni etc., ar putea crește valoarea coeficientului de determinare și, în consecință, ar conduce la o o mai bună putere explicativă a predictorilor și ar putea genera rezultate interesante. De asemenea, cercetările suplimentare ar trebui să ia în considerare volumul de trafic ca un nivel de expunere.

7. METODE ȘI ECHIPAMENTE EXPERIMENTALE

7.1 Obiectivele studiului experimental

Pentru studierea influenței factorilor de mediu asupra accidentelor de circulație, este necesară validarea modelelor matematice (teoretice) studiate în această teză cu rezultatele prelucrării datelor obținute prin metoda experimentală.

Prin determinarea pe cale experimentală a unor parametri cinematici (viteză și accelerație instantanee), poate fi calculat coeficientul de aderență, parametru influențat sensibil de condițiile de mediu. Determinarea coeficientului de aderență în condiții reale, pe cale experimentală, conduce la aprecierea exactă a dinamicii unui autovehicul implicat în faza pre-accident.

În continuare, sunt prezentate obiectivele studiului experimental, după cum urmează:

Obiectivele cercetării privind determinarea coeficientului de aderență:

- Determinarea mișcării autovehiculului.
- Determinarea vitezei și accelerației autovehiculului pe timpul încercărilor experimentale.
- Analiza vitezei și accelerației autovehiculului.
- Determinarea coeficientului de aderență.

7.2 Stabilirea programului de încercări experimentale privind determinarea coeficientului de aderență.

În vederea determinării pe cale experimentală a coeficientului de aderență, au fost efectuate două sesiuni experimentale, derulate în diverse condiții de mediu, conform descrierii prezentate în tab. 7.1.

Tab. 7.1: Condițiile de mediu în care au fost desfășurate testele experimentale de determinare a coeficientului de aderență.

Nr. sesiune	Tipul determinare	Stare carosabil	Temperatură (°C)	Viteză vânt (m/s)
1	Test de accelerare - frânare	Partial acoperit cu zăpadă, porțiuni umede, prezență ceață	-1.7	4
2	Test de accelerare - frânare	Carosabil umed, neacoperit de zăpadă sau gheață, cer senin, soare strălucitor.	1.5	2

Faza dinamică a fiecărei sesiuni experimentale a fost constituită din următoarele:

- Accelerare pentru atingerea a trei praguri de viteze: 50 km/h, 60 km/h, 70 km/h.
- Frânare bruscă în momentul atingerii pragului de viteză experimentală.
- Părăsirea aliniamentului desemnat pentru accelerare și întoarcere la punctul inițial de plecare.

Locul de desfășurare al testelor experimentale a fost ales în incinta Institutului de Cercetare – Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov, situat în str. Institutului nr. 10, Brașov, județ Brașov.

7.3 Pregătirea testelor experimentale

7.3.1 Alegerea traseului de test

În incinta Institutului de Cercetare – Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov a fost ales următorul traseu de test, după cum este prezentat în fig. 7.1.

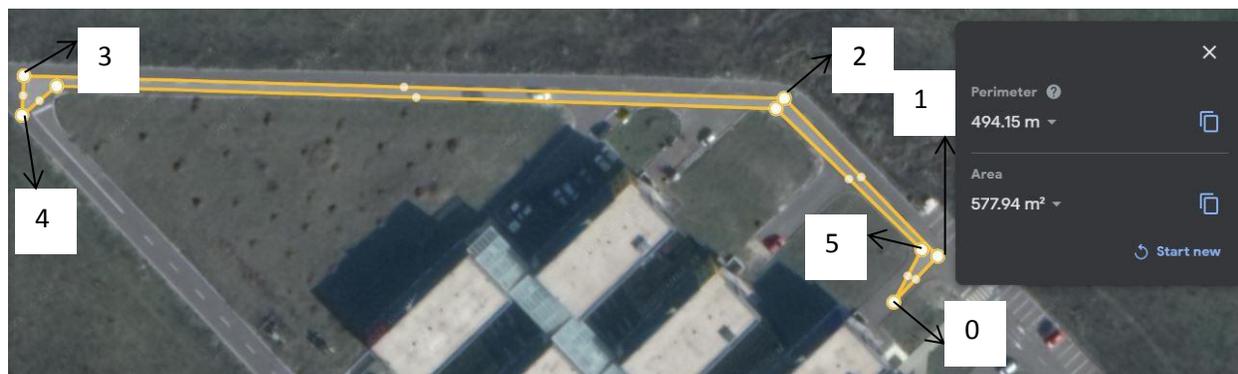


Fig. 7.1: Traseul ales pentru realizarea testelor experimentale

Pentru o mai bună organizare, au fost definite și delimitate următoarele sub – trasee, conform figurii 7.1:

- Subtraseu 0 -1: plecare din punctul inițial (de întoarcere) și intrare pe traseul de test.
- Subtraseu 1- 2: zonă de pre-accelerare.
- Subtraseu 2 -3: zonă de test (accelerare până la atingerea pragului de viteză dorit și frânare bruscă).
- Subtraseu 3 – 4: ieșire de pe traseul de test și revenire la punctul de întoarcere nr. 5.
- Subtraseu 5 – 0: întoarcere pentru reintrare în vederea efectuării unui nou test.
-

7.3.2 Autovehiculul utilizat

Pentru realizarea testelor experimentale, a fost utilizat un autovehicul Opel Astra G Caravan, echipat cu motor diesel capacitate 1.686 cm³, an fabricație 2007, dotat cu sistem ABS (fig. 7.2). Pe autovehicul s-a montat toată aparatura aferentă executării testelor.

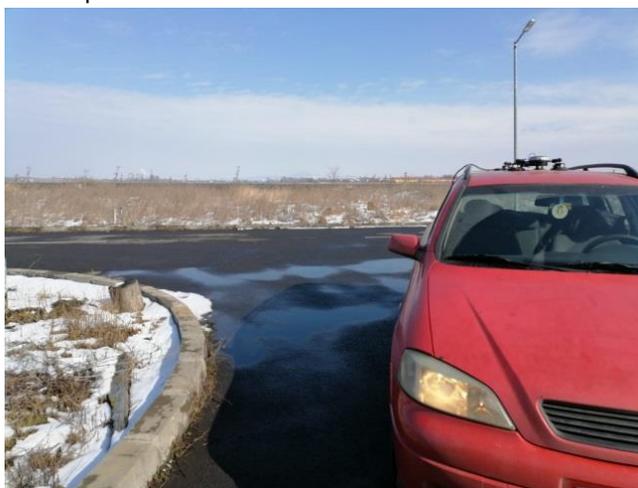


Fig. 7.2: Autovehiculul utilizat în realizarea testelor experimentale.

7.4.2 Echipament Speedbox

Echipamentul Speedbox este un sistem de tip GPS-INS care combină informațiile primite de la un receptor GPS cu două antene și o unitate de navigație inerțială (accelerometru pe 3 axe + senzor de viteză unghiulară pe 3 axe), după cum este prezentat în fig. 7.5.



Fig. 7.5: Echipamentul Speedbox utilizat pentru efectuarea testelor.

Un sistem INS reprezintă un sistem de navigație inerțială care determină datele de navigație pe baza datelor achiziționate de la senzori inerțiali (IMU), adică accelerometre și/sau senzori de măsurare a vitezei de rotație. În acest mod, pe baza datelor disponibile (de ex. accelerație și timp) se determină viteza și distanța parcursă pe cele trei direcții, iar dacă este cunoscută poziția de plecare se poate localiza în spațiu obiectul pe care este montat senzorul. Un sistem GPS-INS combină datele de la cele două sisteme. De exemplu, viteza este măsurată folosind receptorul GPS și, în același timp, este determinată prin integrarea accelerației măsurate cu sistemul INS. Pentru o uniformizare a valorilor măsurate de către aceste două sisteme se utilizează o medie a lor, sau o medie ponderată, obținută prin filtrare (exemplu: filtrul Kalman extins). INS se mai folosește pentru navigație în cazul pierderii temporare a semnalului GPS, precum este cazul deplasărilor prin tunele.

Echipamentul Speedbox se fixează pe plafonul autovehiculelor (fig. 7.6), iar opțiunea INS, care combină ieșirea dintr-o unitate IMU 6 DoF (unitate de măsurare inerțială cu 6 grade de libertate) cu soluția GPS, oferă o soluție completă cu rată de actualizare de 200Hz pentru viteză, direcție, atitudine (rulu, tangaj și girație), unghi de derivă și multe altele.



Fig. 7.6: Poziția și modul de fixare al echipamentului Speedbox.

Caracteristicile cheie ale SPEEDBOX includ:

- rata de actualizare de 200Hz cu precizie mare.
- rată de actualizare GPS de 20Hz, pentru poziție.
- măsurarea accelerației pe 3 axe.
- IMU intern opțional.
- ieșire serială dublă și 1 port USB (3 ieșiri seriale).
- port de ieșire CAN.
- 4 porturi de intrare / ieșire analogice.
- intrare pentru semnal declanșator frână / eveniment.
- interval tensiune de alimentare de 9-30v.
- latență extrem de scăzută (<4ms).
- putere redusă (3w).

7.4.3 Accelerometre

Accelerometrele sunt incluse în unități IMU, iar modelele utilizate sunt CDL-01, CDL-02 și FLA. Toate cele trei sisteme au la bază senzori de accelerație pe 3 axe, de tip analogic, cu gamă de măsurare de +/- 3g și frecvență de achiziție de până la 1600 Hz (fig. 7.7).



Fig. 7.7: Unitățile IMU care includ accelerometrele utilizate în testele practice.

CDL-01, CDL-02 și FLA sunt compuse din senzori (accelerometre) și sisteme de achiziție (circuit cu microcontroler pe o placă de dezvoltare *Arduino Due* și unitate de stocare pe card SD). Denumirea CDL derivă din „*Crash Data Logger*”, numerele 01 și 02 identifică modelul: 02 are în plus o memorie tampon care ajută la salvarea datelor în testele de impact, unde rata de achiziție este mai mare decât rata de salvare pe card. Pentru testele de frânare cele două modele se comportă exact la fel. FLA este similar ca structură, dar folosește o placă de bază de tip „*Feather*”.

CDL-01 și CDL-02 sunt similare și au fost utilizate împreună pentru a asigura redundanța datelor înregistrate. Componenta hardware de achiziție utilizează microcontrolerul AT91SAM3X8E (32 biți, nucleu ARM), care funcționează la o frecvență de 84 MHz și are până la 512 Kbyte de memorie flash și până la 100 Kbytes de memorie SRAM. Porturile disponibile includ 12 intrări analogice, pe 12 biți.

FLA are la bază un procesor de tip Cortex-M0 și dispune de asemenea de intrări pe 12 biți. În testele de frânare, unitățile IMU se utilizează cu rate de achiziție de 200 Hz.

7.4.4 Filtre utilizate

În spectrul semnalelor obținute de la accelerometre se regăsesc diverse frecvențe eronate (zgomote), care generează influențe nedorite asupra datelor achiziționate. Semnalele sunt influențate de diverși factori, printre care și cei de mediu (temperatură, umiditate), dar și de cei fizici (vibrații ale suportului pe care se regăsesc carcasa accelerometrelor). Pentru filtrarea semnalelor nedorite, se utilizează filtre numerice [109], acestea fiind, de fapt, algoritmi incluși în subrutine scrise în anumite limbaje de programare, iar după compilare acestea pot fi rulate în diverse sisteme de operare. Aceste filtre numerice au rolul de filtrare a semnalelor de intrare în vederea modificării, către o calitate mai bună, a spectrului acestora.

7.4.5 Componenta software: programul Accele

Programul **Accele**, special realizat pentru achiziția de date a accelerațiilor, a fost realizat folosind mediul de dezvoltare Lazarus [110]. Acest software este destinat prelucrării datelor preluate de la accelerometre, date care sunt achiziționate în fișiere de tip text. Programul asigură prelucrarea primară a datelor înregistrate (inclusiv filtrare pentru reducerea zgomotului de măsurare) și exportul acestora pentru prelucrări suplimentare în Microsoft Excel, Microsoft Access sau SPSS.

Accele este un software original, care a fost dezvoltat, pentru uz didactic intern, de către cadre didactice din cadrul laboratorului de Trafic rutier și Accidentologie, ICDT - Universitatea Transilvania din Brașov. La proiectarea și realizarea acestui software au stat la bază cercetări teoretice, dar și experimentale, ale căror rezultate sunt publicate în diverse lucrări [111], [112], [113], [114].

Interfața **Accele** (fig. 7.9) este compusă din:

- meniu.
- zona grafică, pentru afișarea diagramelor .
- zona tabelară, pentru afișarea datelor.
- bara de stare (în partea de jos a ferestrei).

8. ACHIZIȚIA, INTERPRETAREA ȘI PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE

8.1 Modelul teoretic al coeficientului de frecare.

Coeficientul de frecare teoretic se deduce din scrierea ecuațiilor de mișcare (coborâre) utilizând modelul unui corp aflat pe un plan înclinat, conform fig. 8.1.

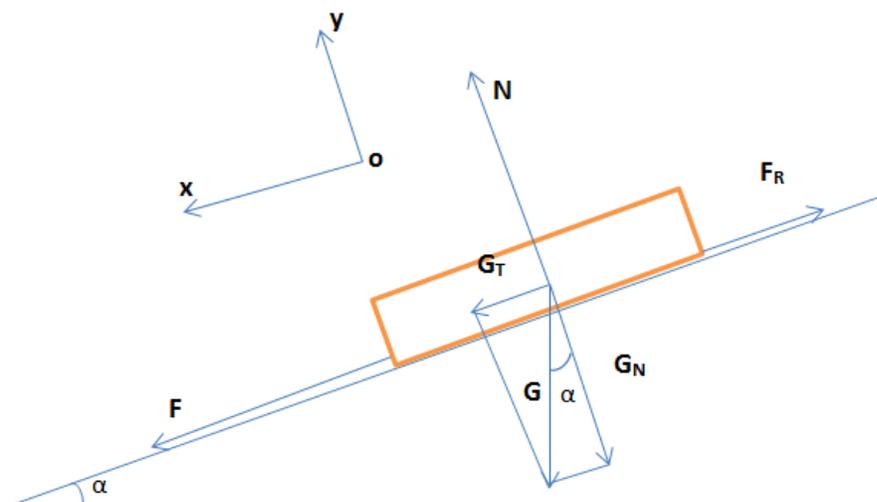


Fig. 8.1: Modelul unui corp aflat în mișcare (coborâre) pe un plan înclinat, forțele care acționează asupra acestuia și sistemul cartezian de referință.

Semnificația simbolurilor prezentate în fig. 8.1 este următoarea:

- α = unghiul planului înclinat.
- F = forța de tracțiune.
- G = greutatea corpului.
- G_N = componenta normală a forței de greutate.
- G_T = componenta tangențială a forței de greutate.
- F_R = forța de rezistență (frecare).
- N = forța normală la suprafața de contact dintre planul înclinat și corpul aflat în mișcare.
- Ox, Oy = sistemul cartezian de referință utilizat.

Conform celei de a doua legi a frecării [115], forța de frecare (forța de rezistență) este proporțională cu forța normală la suprafața dintre cele două corpuri aflate în contact. Prin urmare, putem afirma că;

$$F_R = \mu * N \quad (8.1)$$

unde μ = coeficientul de frecare.

Coeficientul de aderență este adimensional, fiind o mărime constantă doar pentru o singură pereche de corpuri aflate în contact fiind, prin urmare, caracteristic unui sistem în ansamblul lui și nu a unui material individual. Factorii de mediu precum temperatura, condițiile meteorologice sau gradul de poluare influențează valorile coeficientului de frecare.

În baza modelului prezentat în figura 6.1, ecuația de mișcare este:

$$F = F_R - G_T \quad (8.2)$$

G_T , componenta tangențială a forței de greutate G este $G_T = G \cdot \sin\alpha = m \cdot g \cdot \sin\alpha$, iar G_N (componenta normală a forței de greutate) este $G_N = G \cdot \cos\alpha = m \cdot g \cdot \cos\alpha$. De asemenea, cum corpul model se află în echilibru pe direcția Oy , putem afirma că $N = G_N = G \cdot \cos\alpha$.

$F = m \cdot a$, unde a = accelerația la coborârea pantei, iar m = masa corpului.

Cum F_R este dată de formula [115], înlocuind în formula (8.2) obținem:

$$m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha - m \cdot g \cdot \sin\alpha \quad (8.3)$$

După simplificare și reducerea termenilor din relația [74] se obține:

$$a = g \cdot (\mu \cdot \cos\alpha - \sin\alpha) \quad (8.4)$$

În cazul depalșării pe o suprafață plană, $\alpha = 0$, atunci accelerația devine $a = \mu \cdot g$, de unde coeficientul de frecare este:

$$\mu = \frac{a}{g} \quad (8.5)$$

8.2 Prezentarea datelor experimentale

8.2.1 Considerente teoretice ale achiziției, prelucrării și prezentării datelor.

Valoarea coeficientului de aderență este calculată cu ajutorul software-ului Accele (versiunea 1.0.2.12). Datele achiziționate și prelucrate în Accele sunt prezentate tabelar, alături de graficele generate în urma achiziționării datelor experimentale.

Structura de prezentare a datelor este în conformitate cu fazele derulării testelor și a etapelor de prelucrare a datelor. Pentru analiza și prelucrare, vor fi utilizate datele achiziționate de la accelerometrele CDL-01.

Datele achiziționate sunt însoțite de zgomot (fig. 8.2).

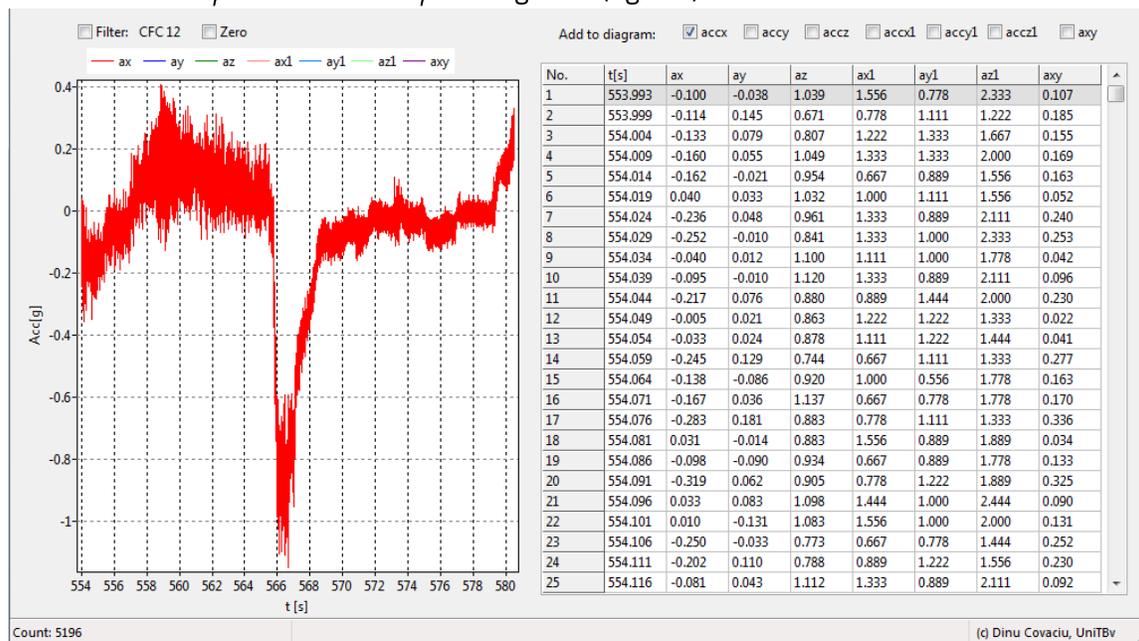


Fig. 8.2: Date nefiltrate obținute de la accelerometrul CDL-01.

După aplicarea filtrelor CFC, datele filtrate (fig. 8.3) vor fi utilizate pentru obținerea valorilor decelerației maxime și a duratei dt a acestia, coeficientului de aderență și a variației (Δv) a vitezei pe durata decelerației maxime.

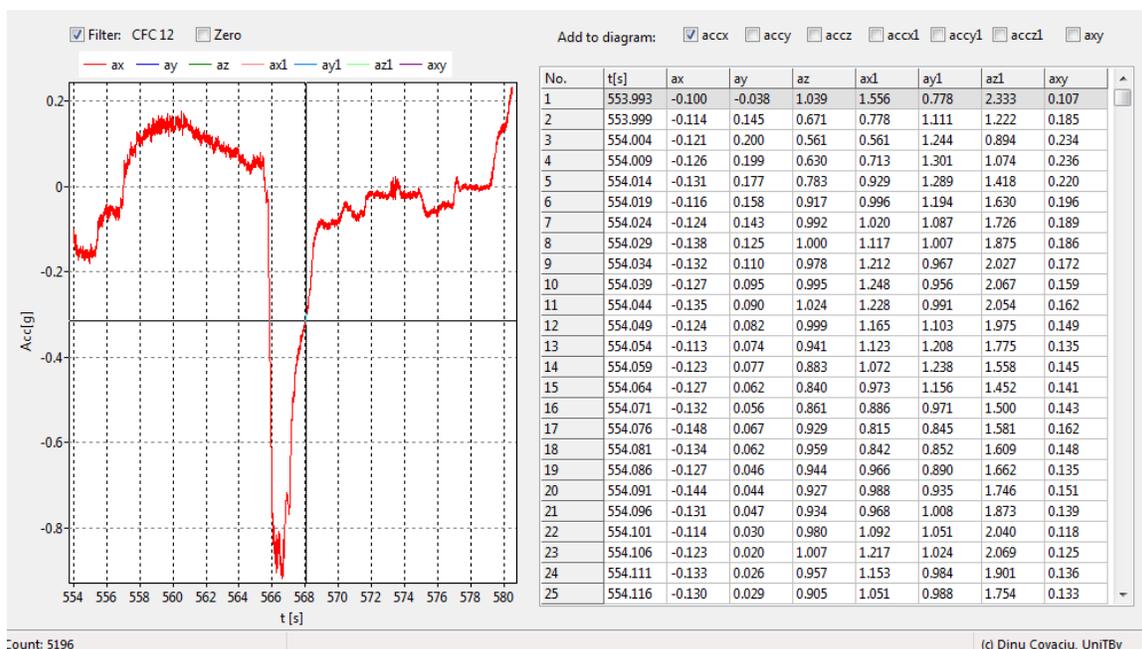


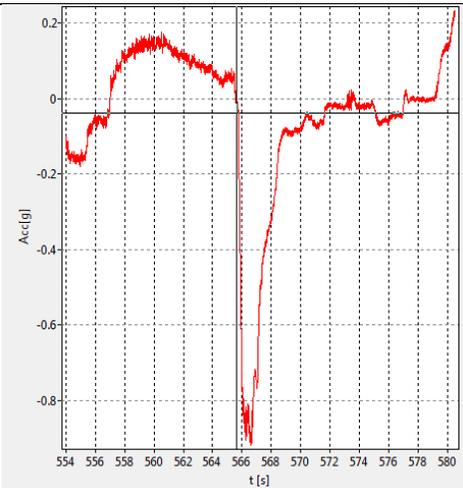
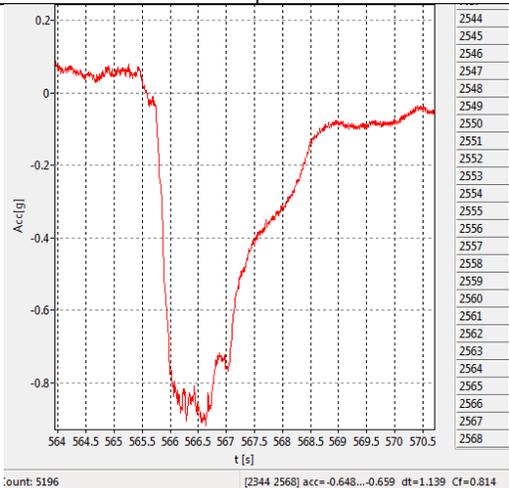
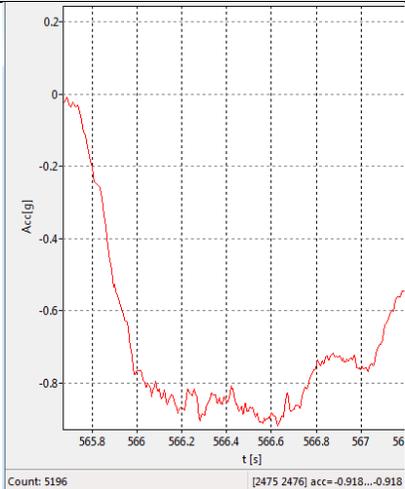
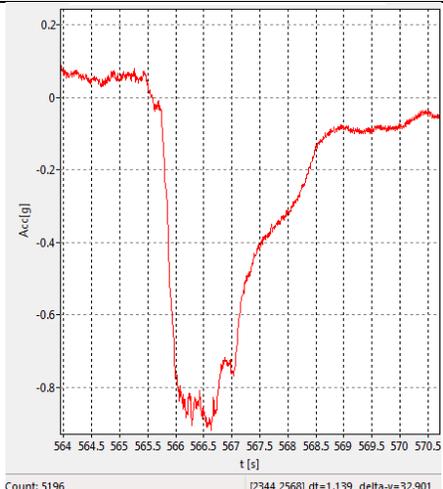
Fig. 8.3: Date filtrate, prin aplicarea filtrului CFC 12, obținute de la accelerometrul CDL-01.

Deoarece în calculul coeficientului de aderență vor fi luate în considerare accelerațiile filtrate cu ajutorul filtrelor CFC (fără zgomot), sunt prezentate și analizate numai graficele și valorile datelor filtrate.

8.2.2 Parametri Sesiune 1 CDL 01– Test 1

Datele filtrate achiziționate în sesiunea nr. 1 CDL-01, testul 1, precum și valoarea maximă a decelerației a_{max} și durata acesteia dt , valoarea coeficientului de aderență C_f și variația vitezei (delta-v) între punctele selectate pentru calculul C_f sunt prezentate în tabelul 8.1.

Tab. 8.1: Datele filtrate achiziționate în sesiunea nr. 1 CDL 01, testul 1, valoarea maximă a decelerației a și durata acesteia dt , valoarea coeficientului de aderență C_f și variația vitezei (delta-v) între punctele selectate pentru calculul C_f .

1-CDL-01-1.1	
Nr. sesiune: 1	Nr. test 1
Accelerometru utilizat: CDL-01	Viteza maximă de test: $V_{max} = 66.34$ km/h
Filtru utilizat: CFC 12	
Date achiziționate filtrate	Valoarea coeficientului de aderență C_f și a duratei dt (s) a accelerației maxime
	$C_f = 0.814$ $dt = 1.139$
	
Valoarea maximă a decelerației (m/s^2)	Variația vitezei (delta-v) (km/h)
$a_{max} = 0.918g$	(delta-v) = 32.901
	

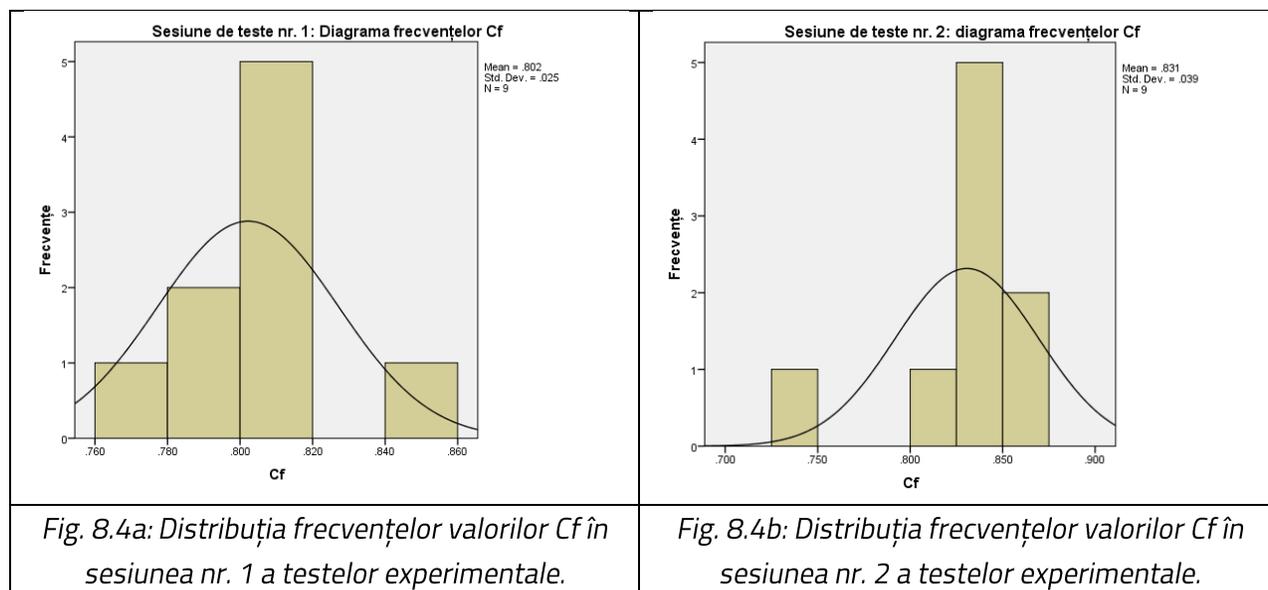
8. 3 Interpretarea datelor experimentale

Rezultatele centralizate ale prelucrării datelor achiziționate de la accelerometrul CDL-01 în sesiunile de teste nr. 1 și nr. 2 sunt prezentate în tab. 8.19.

Tab. 8.19: Datele filtrate achiziționate în sesiunile nr. 1 și 2 de la accelerometrul CDL 01: valoarea maximă a vitezei V_{max} , a decelerației a_{max} și durata acesteia dt , valoarea coeficientului de aderență C_f și variația vitezei (delta-v) între punctele selectate pentru calculul C_f .

Nr. test	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sesiunea 1									
V_{max} (km/h)	66.34	68.27	66.80	60.62	60.20	61.47	53.29	53.57	53.78
C_f	0.814	0.762	0.780	0.789	0.805	0.818	0.802	0.800	0.850
dt	1.139	1.304	1.161	0.581	1.526	0.005	1.008	0.800	0.953
a_{max} (m/s ²)	0.918	0.967	0.910	0.854	0.965	0.932	0.926	1.000	0.995
(delta-v)	32.901	35.265	32.118	16.319	43.487	0.289	28.827	22.270	28.736
Sesiunea 2									
V_{max} (km/h)	70.39	71.64	71.89	66.78	67.27	66.27	56.11	55.57	53.24
C_f	0.848	0.859	0.845	0.831	0.825	0.818	0.736	0.848	0.866
dt	1.433	1.318	1.191	1.293	1.257	1.096	1.279	0.698	0.812
a_{max} (m/s ²)	1.020	1.042	1.023	1.043	1.006	1.033	0.980	1.018	1.015
(delta-v)	43.073	40.143	35.683	38.118	36.775	31.851	33.379	20.991	25.024

Diagramele distribuțiilor frecvențelor valorilor coeficientului de aderență obținute în cele două sesiuni ale testelor experimentale sunt prezentate în fig. 8.4a și 8.4b.



În cadrul sesiunii nr. 1 a testelor experimentale, cele mai multe valori determinate ale Cf se află în intervalul [0.800 – 0.820], media acestora fiind $Cf_{1med}=0.802$ (fig. 8.4a), iar în cadrul sesiunii nr. 2 cele mai multe valori se află în intervalul [0.825 – 0.850] având $Cf_{2med}=0.831$ (fig. 8.4b).

Analizând tabelul în care sunt centralizați parametrii descriptivi ai celor două distribuții de frecvențe ale Cf (tab. 8.22), observăm că, în cazul curbei distribuțiilor frecvențelor valorilor Cf obținute în sesiunea nr. 1, indicatorul de oblicitate este pozitiv, ceea ce arată caracterul de curbă asimetric pozitivă, unde există mai multe valori mici ale Cf în detrimentul celor mari [74]. De asemenea, indicatorul de boltire (1.109) are valoare pozitivă și indică caracterul *leptocurtic* al acestei curbe, unde majoritatea valorilor se regăsesc grupate în jurul mediei.

Tab. 8.22: Parametrii descriptivi ai celor două curbe de distribuții ale valorilor Cf obținute în cadrul sesiunilor de teste experimentale.

Tipul parametrului descriptiv	Sesiunea nr. 1	Sesiunea nr. 2
Media	0.80222	0.83067
Mediana	0.80200	0.84500
Modul	0.762	0.848
Deviația standard	0.024924	0.038749
Indicatorul de oblicitate (Skewness)	0.377	-2.128
Indicatorul de boltire (Kurtosis)	1.109	5.262

În ceea ce privește curba distribuției valorilor Cf obținute în sesiunea nr. 2, indicatorul de oblicitate are valoare negativă (-2.128), ceea ce demonstrează caracterul de curbă asimetric negativă, unde există mai multe valori mari în detrimentul celor mici. În plus, indicatorul de boltire are o valoare pozitivă și depărtată de zero (5.262), demonstrând un puternic caracter *leptocurtic* al acestei curbe, unde majoritatea valorilor Cf se regăsesc grupate în jurul mediei.

8.5 Concluzii

În urma desfășurării testelor experimentale și a prelucrării datelor experimentale au fost calculate valorile coeficienților de aderență în cele două sesiuni de test. De asemenea, au fost determinate viteza maximă de test V_{max} , valoarea maximă a decelerației a_{max} și durata dt a acestia, precum și variația vitezei (delta-v) între punctele selectate pentru calculul Cf.

Au fost analizate și comparate valorile medii ale Cf și a distribuțiilor de frecvențe ale fiecărei valori ale acestora.

În prima sesiune de teste, desfășurată în condiții de ceață și temperatură negativă (sub limita de îngheț), valorile Cf situate în jurul mediei $Cf_{1med}=0.802$ au fost inferioare celor obținute în a doua sesiune de teste, unde $Cf_{2med}=0.831$. Îmbrăcămintea asfaltică nouă și poroasă, la temperaturi

negative are tendința de a forma rapid pelicule de polei [117], ale căror prezență pe carosabil influențează valorile coeficientului de aderență și, implicit, distanța de oprire în siguranță.

În cea de a doua sesiune de teste, desfășurată la temperaturi pozitive și fără prezența ceții sau a altor fenomene meteorologice cu depunere pe carosabil, valorile în jurul mediei ale coeficienților de aderență au fost superioare celor obținute în prima sesiune.

Ambele teste au fost efectuate cu același autovehicul, cele nouă teste din fiecare sesiune realizându-se fără întrerupere, crescând, în acest fel, temperatura anvelopelor. Din acest motiv majoritatea valorilor coeficienților de aderență au crescut pe măsură ce se derulau testele. Acest lucru este dovedit și de valorile coeficienților de aderență înregistrate în testele nr. 9 din ambele sesiuni, unde acestea înregistrează maximul, după cum se poate observa din tabelul 8.19.

Valorile coeficienților de aderență obținute în cele două sesiuni de teste au fost validate prin utilizarea tehnicilor de regresie multiliniară aplicate în scop explicativ. Testele de semnificație globală la care au fost supuse ambele modele, precum și testarea la semnificație individuală a fiecărei variabile explicativă au validat faptul că datele obținute în urma testelor experimentale au fost achiziționate și calculate corect. Valorile mari ale coeficienților de determinație ($R_1^2=0.991$, $R_2^2=0.996$) arată faptul că valorile coeficienților de aderență obținute în cele două sesiuni de teste au fost calculate corect.

Faptul că valoarea decelerației maxime explică semnificativ variația Cf_1 , având un coeficient de regresie negativ, demonstrează legătura dintre comportamentul conducătorilor auto și starea suprafeței carosabile care este influențată de condițiile meteorologice.

9. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE, DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

9.1 Concluzii finale

Teza de doctorat a avut drept obiectiv analiza influenței factorilor de mediu asupra traficului rutier și a accidentelor de circulație.

Studiile, analizele și cercetările întreprinse de către autor pe toată perioada realizării tezei de doctorat au condus la formularea unor concluzii în ceea ce privește influența factorilor de mediu asupra traficului rutier și a accidentelor de circulație, după cum urmează:

Sistemul traficului rutier este perturbat de factorii de mediu, în special de condițiile meteorologice, care afectează valorile parametrilor microscopici și macroscopici ai traficului rutier. Condițiile meteorologice constituie factori perturbatori pentru traficul rutier, conducând la apariția unor efecte nedorite în interacțiunea dintre componentele sistemului traficului rutier, precum întârzierile de trafic, pierderi financiare ale companiilor de transport, creșterea gradului de poluare și accidentele de circulație.

Funcția de ghidare, parte componentă a procesului de conducere a unui automobil de către factorul uman, este influențată de către factorii de mediu. Mai mult, componentele psihice ale activității mentale și fizice ale conducătorilor auto (sesizarea, identificarea, prevederea, decizia și

execuția) sunt puternic influențate de către factorii de mediu și, prin urmare, afectează calitatea traficului rutier și gradul de siguranță rutieră.

De asemenea, timpul de percepție – reacție, parametru important care afectează nu numai calitatea traficului rutier, dar și siguranța acestuia, depinde de condițiile de iluminare, mediul în care se circulă (urban sau rural) și de starea de aderență a carosabilului. În condiții de vizibilitate nocturnă, acuitatea vizuală a conducătorilor auto descrește din cauza diverselor caracteristici de mediu: străluciri intense, detalii de formă ale obiectelor din mediul rutier, semnalizare precară. Acuitatea vizuală scade odată cu creșterea în vârstă a conducătorilor auto, motiv pentru care aceștia trebuie să manifeste o atenție sporită la deplasarea în traficul rutier pe timp de noapte sau în condiții de vizibilitate redusă, ca de exemplu în cazul ceții, a cărei prezență conduce la scăderea timpului de reacție al conducătorilor auto în raport cu alte condiții de vizibilitate.

Precipitațiile sub formă de ploaie sunt considerate a avea cel mai mare impact asupra calității traficului rutier și în producerea accidentelor de circulație, mai ales în cazul averselor de ploaie.

Temperaturile și aversele de ploaie sunt factori de risc în ceea ce privește siguranța circulației, fapt demonstrat de către corelațiile pozitive între numărul de accidente lunare (N_{acc}), al deceselor rezultate din accidentele rutiere produse în mediul urban (U_f) și cel rural (R_f) și temperatura medie lunară. Aversele de ploaie torențială sunt în corelație negativă cu acești indicatori, fapt care este determinat de intensitatea ridicată și durata redusă a acestor fenomene.

Modelul N_{acc} este cel mai bine explicat de către temperatura medie lunară și prezența averselor de ploaie torențială, fenomene meteorologice care conduc la scăderea numărului lunar al accidentelor de circulație. Aceste fenomene reduc drastic vizibilitatea conducătorilor auto și afectează aderența suprafeței carosabile. De asemenea, prezența acestui fenomen meteorologic conduce la o scădere temporară bruscă a volumelor de trafic, conducătorii auto preferând să întrerupă sau să-și amâne călătoriile.

În cazul coliziunilor față – spate, prezența ceții explică variația riscului de rănire gravă într-o proporție de 54.90 %. Când numărul accidentelor care s-au produs pe timp de ceață crește cu două unități, atunci riscul de rănire gravă aproape că își dublează valoarea.

Riscul de deces în accidentele rutiere produse prin acroșare este influențat de prezența ceții sau de poleiul prezent pe suprafața carosabilă, iar prezența lapoviței crește riscul de rănire ușoară în aceste tipuri de coliziuni.

În cazul coliziunilor prin răsturnare, riscul letal este singura variabilă dependentă care este explicată atât de condițiile de vreme, cât și de cele privitoare la aderența părții carosabile. Ceața, vremea normală, precum și suprafețele carosabile acoperite de polei contribuie semnificativ la variația valorilor riscului letal.

Conducerea vehiculelor după miezul nopții, pe timp de ploaie, este periculoasă, din moment ce șansele ca un accident rutier să se soldeze cu decese sunt de 1.624 mai mari în intervalul orar 02:00 – 04:59 comparativ cu cele din intervalul 16:00 – 20:59, fapt ce demonstrează că ritmurile circadiene ale conducătorilor auto sunt influențate de precipitațiile sub formă de ploaie.

În această teză a fost arătat modul în care starea suprafeței carosabile poate influența gravitatea unui accident produs pe timp de ploaie. Prezența gropilor din carosabil crește șansele ca un accident să fie fatal comparativ cu accidentele produse pe ploaie pe o suprafață carosabilă normală. De asemenea, conducerea pe drumuri care nu sunt echipate cu sisteme de iluminat conduce la creșterea șanselor ca un accident să fie fatal.

Modelul riscului de deces în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie a fost elaborat într-o structură exponențială și demonstrează faptul că riscul de deces în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie crește în intervalul orar 02:00 – 04:59, dar și pe drumurile unde nu există iluminat public și nici acostamente consolidate.

În prima sesiune a testelor experimentale, desfășurată în condiții de ceață și temperatură negativă (sub limita de îngheț), valorile C_f situate în jurul mediei $C_{f_{med}}=0.802$ au fost inferioare celor obținute în a doua sesiune de teste, unde $C_{f_{med}}=0.831$. Îmbrăcămintea asfaltică nouă și poroasă, în condiții de ceață și temperaturi negative formează pelicule de polei, ale căror prezență pe carosabil influențează valorile coeficientului de aderență și, implicit, distanța de oprire în siguranță.

În cea de a doua sesiune de teste, desfășurată la temperaturi pozitive și fără prezența ceții sau a altor fenomene meteorologice cu depunere pe carosabil, valorile în jurul mediei ale coeficienților de aderență au fost superioare celor obținute în prima sesiune.

Valorile coeficienților de aderență obținute în cele două sesiuni de teste au fost validate prin utilizarea tehnicilor de regresie multiliniară aplicate în scop explicativ. Testele de semnificație globală la care au fost supuse ambele modele, precum și testarea la semnificație individuală a fiecărei variabile explicativă au validat faptul că datele obținute în urma testelor experimentale au fost achiziționate și calculate corect.

9.2 Contribuții personale

- Elaborarea, pentru prima oară în România, a studiului privind estimarea, pe bază științifică, a costurilor accidentelor rutiere din țara noastră.
- Publicarea a trei lucrări în congresele internaționale de specialitate și a unei lucrări în *International Journal of Automotive Technology* (factor de impact 1.269).
- Altă lucrare se află deja în curs de publicare (data estimată a apariției este luna octombrie 2021), în *Journal of Automotive Technology* (factor de impact 1.269).
- Elaborarea unui model exponențial al riscului de deces în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie, a cărui aplicabilitate poate ajuta autoritățile responsabile la scăderea numărului deceselor și rănilor grave din România și implementarea unor campanii de educație rutieră privitoare la conducerea automobilului în diverse condiții meteorologice.
- Abordarea cronobiologiei (știința bioritmurilor) în studiul riscului letal în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie.
- Utilizarea metodelor și tehnicilor de studiere statistică a fenomenelor care sunt influențate de condițiile de mediu.

- Realizarea unor metode de codare a variabilelor în funcție de caracteristicile mediului rutier.
- Realizarea unor baze de date cu atribute ale accidentelor rutiere pe diferite tipuri de agregare.

9.3 Direcții viitoare de cercetare

- Îmbunătățirea modelului matematic al riscului de deces în accidentele rutiere produse pe timp de ploaie prin includerea unor parametri care au legătură cu factorul uman.
- Dezvoltarea utilizării mijloacelor statistice în studiile de siguranță rutieră privitoare la influența factorilor de mediu asupra accidentelor de circulație.
- Desfășurarea unor teste experimentale pentru măsurarea intensității luminoase în diferite condiții de mediu (ceață, averse de ploaie, ninsoare).
- Continuarea testelor experimentale privitoare la determinarea valorilor coeficienților de aderență în condițiile unor averse de ploaie torențială.

10. BIBLIOGRAFIE

- [1] ***Karl Smallwood, 2013. <http://www.todayifoundout.com/index.php/2013/07/the-first-car-accident/>. Accesat 28.02.2020.
- [2] A Todoruț. "Dinamica Accidentelor de Circulație". U.T. Press, Cluj Napoca 2008
- [3] L.G. Norman "Road Traffic Accidents – Epidemiology, Control and Prevention". World Health Organization, Geneva 1962.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39723/1/WHO_PHP_12.pdf
- [4] Global status report on road safety 2018. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BYNC-SA 3.0 IGO.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276462/9789241565684-eng.pdf?ua=1>. Accesat 28.02.2020.
- [5] WHO. Global Health Estimates 2016. Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000 – 2016, Geneva. World Health Organization; 2018. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Accesat 02.03.2020.
- [6] European Transport Safety Council (ETSC). Ranking EU Progress on Road Safety: 13th Road Safety Performance Index Report, June 2019. https://etsc.eu/wp-content/uploads/AR_2019-Final.pdf. Accesat 02.03.2020.
- [7] Institutul Național de Statistica. TRN105A. <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>. Accesat 02.03.2020.
- [8] **Drosu,A**, Cofaru,C. Estimating the Costs Caused by Road Traffic Accidents in Romania, In: CONAT 2016: INTERNATIONAL CONGRESS OF AUTOMOTIVE AND TRANSPORT ENGINEERING pp: 889-898 DOI: 10.1007/978-3-319-45447-4_98, Published: 2017, ISBN:978-3-319-45447-4. WOS: 000390821400098
- [9] Huib van Essen, Lisanne van Wijngaarden, Arno Schrotten (CE Delft), Daniel Sutter, Cuno Bieler (INFRAS), Silvia Maffii, Marco Brambilla, Davide Fiorello, Francesca Fermi, Riccardo Parolin (TRT), Kareen El Beyrouty (Ricardo). Handbook on the External Costs of Transports p. 37. ISBN 978-92-79-96917-1 DOI: 10.2832/27212. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019.
- [10] Xinquan Du and Xiaohong Yang, "[The application of system engineering theory in road traffic management](#)", Biotechnology, Agriculture, Environment and Energy. Nov 2014 , 191-194
- [11] Florea,D., Cofaru,C., Soica,A. *Managementul traficului rutier*. Editura Universitatii Transilvania din Brasov. 2000. ISBN 973-9474-55-1.
- [12] Hoong Chor Chin, Huang H., "Modeling multilevel data in traffic safety: a Bayesian Hierarchical Approach", Transportation Analyses and Prevention, ISBN: 978-1-60456-288-0, 2008 Nova Science Publishers.
- [13] Dinesh Mohan et. a. "Road Traffic Injury Prevention Training Manual". World Health Organization 2006, ISBN 92 4 154675 1.

- [14] Zajic, P., Traffic Conflicts and Road Transport Safety New Development. Number 4, Volume VII, December 2012 (http://pernerscontacts.upce.cz/28_2012/Zajic.pdf)
- [15] Pierre Van, E., Claire, N., Ralf, E. Analyzing Human Factors in road accidents. TRACE WP5 Summary Report, February 2008
- [16] Mathew, T., Rao, K. *Introduction to Transportation Engineering*. NPTEL Web Course, 2006
- [17] Filip N., *Ingineria Traficului Rutier*, Editura Mediamira, Cluj Napoca 2010
- [18] ***Traffic Flow Theory. Organized by the Committee on Traffic Flow Theory and Characteristics (AHB45). 2001
- [19] Florea, D., Cofaru, C., et al., *Sisteme avansate de transport rutier*. Editura Universității Transilvania din Brașov. 2007. ISBN 978-973-635-775-6
- [20] Triggs, T., Harris, W., Reaction Time of Drivers to Road Stimuli. Human Factors Report No. HFR-12. 1982. ISBN 0 86746 147 0
- [21] Nicholas, J., et al., *Traffic & Highway Engineering Fourth Edition*. University of Virginia. ISBN-13: 978-0-495-08250-7.
- [22] *** Manual de Siguranță Rutieră. Comitetul Tehnic de Siguranță Rutieră al A.I.P.C.R 2013
- [23] Parker, M., Zegeer, C., *Traffic Conflicts Tehniques for Safety and Operations*. Observers Manual. U.S. Department of Transportation. January 1989.
- [24] ***. http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Swedish_conflict_technique.pdf
- [25] Christer, H., *The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique*. Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund 1987.
- [26] *** IRAP Star Rating and Investment Plan. Coding Manual. Drive on the Right Edition. August 2014. http://downloads.irap.org/docs/RAP-SR-2-2_Star_Rating_coding_manual.pdf. (Accesat 13 februarie 2017)
- [27] Glenon, J.C., Thorson, B.A., *Evaluation of the traffic conflict technique*. Final report. December 1975.
- [28] Hesham, R. et al. *Microscopic Analyses of Traffic Flow in Inclement Weather – Part 2*. US Department of Transportation, December 2010.
- [29] Robert, H. et al. *Empirical Studies on Traffic Flow in Inclement Weather*. US Department of Transportation, October 2006.
- [30] Jones, E., M. Goolsby, et al. (1970). The environmental influence of rain on freeway capacity. *Highways Research Record* 321, pp 74-82.
- [31] Agarwal, M., T. Maze, et al. (2006). The weather and its impact on urban freeway traffic operations. *Proceedings of the 2005 Mid Continent Transportation Research Symposium*, Iowa.
- [32] *Global Status Report on Road Safety*, World Health Organization, 2015.
- [33] *Global health estimates*. Geneva: World Health Organization; 2014 (http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index1.html , http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/projections/en).

- [34] The global burden of disease: 2004 Update, Geneva: World Health Organization; 2008.
- [35] ***. Road Safety Vademecum: Road Safety Trends, Statistics and Challenges in the EU. European Commission DG for Mobility and Transport.
(https://ec.europa.eu/transport/modes/road/news/2021-04-20-road-safety-statistics-2020_en).
- [36] A Todoruț "Dinamica Accidentelor de Circulație". U.T. Press, Cluj Napoca 2008.
- [37] William Haddon, Jr. "Approaches to Prevention of Injuries", Prepared for presentation at the American Medical Association Conference on Prevention of Disabling Injuries, Miami, Florida, May 20, 1983.
- [38] ***Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_collision.
- [39] Joshua Adetunji Odeleye "IMPROVED ROAD TRAFFIC ENVIRONMENT FOR BETTER CHILD SAFETY IN NIGERIA". 13th ICTCT workshop Pedestrians and Road Design.
- [40] Batrakova A., Gredasova O., " Influence of Road Conditions on Traffic Safety", 9th International Scientific Conference Transbaltica 2015.
- [41] J.R. Treat et.a. "Tri-level Study of the Causes of Traffic Accidents", US Department of Transportation 1979.
- [42] Jägerbrand, A. K., & Sjöbergh, J. (2016). Effects of weather conditions, light conditions, and road lighting on vehicle speed. *SpringerPlus*, 5, 505. <http://doi.org/10.1186/s40064-016-2124-6>.
- [43] F. Rosey, Stephane Espie. Influence of fog on driver behaviour using driver simulator. INTRO deliverable 4. Rapport de recherche. 2007.
- [44] Stéphane, C. et.al. THE INFLUENCE OF FOG ON MOTION DISCRIMINATION THRESHOLDS IN CAR FOLLOWING. PROCEEDINGS of the Fourth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design.
- [45] *** <https://www.mpg.de/6605179/foggy-perception> (accesat 04.07.2021).
- [46] Werneke, J., Kassner, A., & Vollrath, M. (2008). *An analysis of the requirements of driver assistance systems - when and why does the driver like to have assistance and how can this assistance be designed?* In C. Brusque (Ed.). Proceedings of European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport Systems, Lyon, France, 193-203.
- [47] Van der Hulst, M., Rothengatter, T., & Meijman, T. (1998). Strategic adaptations to lack of preview in driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 1(1), 59-75.
- [48] Hakker, A., Braimaister, L. The uses of exposure and risk in road safety studies. SWOV, Leidschendam, 2002.
- [49] Poortvliet, A. van (1999). Risks, disasters and management - A comparative study of three passenger transport systems. Ph.D. thesis, Technical University Delft, the Netherlands.
- [50] Lynam, D (2012). Development of Risk Models for the Road Assessment Programme RAP504.12 and TRL Report CPR1293. Published by iRAP and TRL.
- [51] *** iRAP Methodology Fact Sheet # 3, Road Attributes.

- [52] Ioan Liviu, Tăuț, Metodologia Cercetării Accidentelor de Circulație, Editura AIT Laboratories, București 2011. ISBN 978-606-8363-07-03.
- [53] ***.INS. <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table> (accesat 04.07.2021).
- [54] Sungmin Hong et. a. "The Effect of Road Environment Factors on Freeway Traffic Crash Frequency during Daylight, Twilight, and Night Conditions" , January 2014, Conference: Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, At Washington, D.C., USA.
- [55] Plainis, S., and I. Murray, Reaction times as an index of visual conspicuity when driving at night. *Ophthalmic and Physiological Optics* 22 (5), pp. 409- 415, 2002.
- [56] Konstantopoulos, P., P. Chapman, and D. Crundall, Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident Analysis & Prevention* 42 (3), pp. 827-834, 2010.
- [57] Lankarani, K. B., Heydari, S. T., Aghabeigi, M. R., Moafian, G., Hoseinzadeh, A., & Vossoughi, M. (2014). The impact of environmental factors on traffic accidents in Iran. *Journal of Injury and Violence Research*, 6(2), 64–71. <http://doi.org/10.5249/jivr.v6i2.318>.
- [58] Donroe, J., Tincopa, M., Gilman, R. H., Brugge, D., & Moore, D. A. J. (2008). Pedestrian Road Traffic Injuries in Urban Peruvian Children and Adolescents: Case Control Analyses of Personal and Environmental Risk Factors. *PLoS ONE*, 3(9), e3166. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0003166>.
- [59] Romano, Eduardo O., Raymond C. Peck, and Robert B. Voas. "Traffic Environment and Demographic Factors Affecting Impaired Driving and Crashes." *Journal of Safety Research* 43.1 (2012): 75-82.
- [60] P.V.Srinivasa Kumar , K.Srinivasan. " A study on environmental factors influencing road traffic accident victims in district hospital, karimnagar". *International Journal of Research in Health Sciences. (Supplement) July –Sept 2013; Volume- 1, Issue-2*.
- [61] Yannis G., Karlaftis M., "Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach", *Department of Transportation Planning and Engineering National Technical University of Athens Athens, Greece, 2010*.
- [62] Edquist J., Rudin-Brown C., Lenne M. "Road design factors and their interactions with speed and speed limits", Monash University – Accident Research Center 2009.
- [63] Bonneson, James A. Highway Safety Manual. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.
- [64] F.C.M. Wegman; R. Roszbach; J.A.G. Mulder; C.C. Schoon & F. Poppe Leidschendam, 1994. SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands. <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-94-20.pdf> (accesat 30.12.2017).
- [65] HAKKERT, A.S., and GITELMAN, V., 2007. Road Safety Performance Indicators: Manual. Deliverable D3.8 of the EU FP6 project SafetyNet.

- [66] Hauer, Ezra. (2000). Safety in Geometric Design Standards II: Rift, Roots and Reform. https://www.researchgate.net/publication/259969500_Safety_in_Geometric_Design_Standards_II_Rift_Roots_and_Reform (accesat 30.11.2020).
- [67] Duguleană, L. (2012). Statistica în cercetare – Suport curs [Statistics in Research – Course Support]. Brasov: Transilvania University of Brasov – Doctoral School, Brasov.
- [68] Ciprian Răulea (2011), Statistică psihologică și prelucrarea informatizată a datelor, Editura Psihomedica, Sibiu.
- [69] Rahma Ahmed Al-Jabri. Regression Analysis for Estimation of the Influencing Factors on Road Accident Injuries in Oman. Department of Mathematical Sciences, University of Essex, 2015.
- [70] Kumar Molugaram, G. Shanker Rao. Statistical Techniques for Transportation Engineering. Butterworth-Heinemann , 2017. ISBN: 978-0-12-811555-8.
- [71] **Drosu, A.**, Cofaru, C., Popescu, M. Fatal injury risk models (FIRM) for the road accidents occurred in rainy conditions – a probabilistic approach (în curs de publicare în Int.J Automot. Technol).
- [72] **Drosu, A.**, Cofaru, C. & Popescu, M.V. Influence of Weather Conditions on Fatal Road Accidents on Highways and Urban and Rural Roads in Romania. Int.J Automot. Technol. 21, 309–317 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12239-020-0029-4>.
- [73] Toby Staines. An Exploratory Analysis of Environmental Conditions' Impact on Traffic Accident Rates. <https://towardsdatascience.com/car-crashes-and-the-weather-an-exploratory-analysis-of-environmental-conditions-impact-on-traffic-12bcb7f9afed> (accesat 06.01.2021).
- [74] F., Sava. Analiza datelor în cercetarea psihologică (Ediția a II-a, revizuită). Editura ASCR, Cluj Napoca 2011.
- [75] **A. Drosu**, C. Cofaru, M.V. Popescu, Relationships Between Accident Severity and Weather and Roadway Adherence Factors in Crashes Occurred in Different Type of Collisions, in: SIAR International Congress of Automotive and Transport Engineering: Science and Management of Automotive and Transportation Engineering, Springer, 2019, pp. 251–264.
- [76] W. D., Berry; S., Feldman. Multiple Regressions in Practice. Sage University Papers on Quantitative Applications in the Social Sciences, series no. 07-050, 1985.
- [77] M.H., Licht. Multiple Regressions and Corelations. Reading and understanding multivariate statistics (p. 19-64). American Psychology Association 1995.
- [78] J., Park; C., Oh. Relating Freeway Traffic Accidents to Inductive Loop Detector Data Using Logistic Regression. 4th IRTAD CONFERENCE 16-17 September, 2009, Seoul, Korea.
- [79] S., Basu, P., Saha. Regression Models of Highway Traffic Crashes: A Review of Recent Research and Future Research Needs. 10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology. Procedia Engineering 187 (2017) 59 – 66.
- [80] ***. Administrația Națională de Meteorologie. Clima României.

- <http://www.meteoromania.ro/anm2/clima/clima-romaniei/> (accesat 04.04.2021).
- [81] Institutul Național de Statistică. (2016). Serii de date TRN104B. <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table> (accesat 04.07.2021).
- [82] ***. European Commission (2016). CARE Database. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/historical_country_month.pdf.
- [83] Administrația Națională de Meteorologie, (2012). Raport Anual 2011. <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2011/> (accesat 04.07.2021).
- [84] Administrația Națională de Meteorologie, (2013). Raport Anual 2012. <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2012/> (accesat 04.07.2021).
- [85] Administrația Națională de Meteorologie, (2014). Raport Anual 2013. <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2013/> (accesat 04.07.2021).
- [86] Administrația Națională de Meteorologie, (2015). Raport Anual 2014. <http://www.meteoromania.ro/despre-noi/raport-anual/raport-anual-2014/> (accesat 04.07.2021).
- [87] Abdel-Aty, Mohamed & Ekram, Al-Ahad & Huang, Helai & Choi, Keechoo. (2011). A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. Accident; analysis and prevention. 43. 1730-7. 10.1016/j.aap.2011.04.003.
- [88] Wang, Chao, Mohammed A. Quddus, and Stephen G. Ison. "Predicting accident frequency at their severity levels and its application in site ranking using a two-stage mixed multivariate model." *Accident Analysis & Prevention* 43.6 (2011): 1979-1990.
- [89] Cohen, S., et al. "Injury Prevention: Meeting the Challenge." *Book Injury Prevention: Meeting the Challenge*. Higher Education Centre for Alcohol and Other Drug Prevention, 1989.
- [90] World Health Organization (2020). Road Traffic Injuries. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> (accesat 22.06.2020).
- [91] ***. European Commission, Mobility and Transport DG (2019). Road Safety 2018: How is Your Country Doing? https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/scoreboard_2018_en.pdf (accesat 22.06.2020).
- [92] Saha, S., Schramm, P., Nolan, A., Hess, J. (2016). Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environmental Health* 15, 104 (2016).
- [93] Brodsky H., Hakkert S. (1988). Risk of road accident in rainy weather. *Accident Analysis and Prevention* Vol.20, N°3, pp 161-176.
- [94] Brodsky H., Hakkert S. (1988). Risk of road accident in rainy weather. *Accident Analysis and*

- Prevention Vol.20, N° 3, pp 161-176.
- [95] Eisenberg, D. (2004). The mixed effects of precipitation on traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*. Volume 36, Issue 4, pp. 637-647.
- [96] Bijleveld, F., Churchill T. (2009). The Influence of Weather Conditions on Road Safety. SWOV Institute for Road Safety Research. p. 47.
- [97] Brijs T., Karlis D., Wets G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention*. 40(3):1180-90.
- [98] Golob, T.F., Recker, W.W., Levine, D.W. (1990). Safety of Freeway Median High Occupancy Vehicle Lanes: A Comparison of Aggregate and Dissaggregate Analyses. *Accident Analysis and Prevention*, 22(1), pp. 19-34.
- [99] Miranda-Moreno, L. F., Fu, L., Ukkusuri, V. S., Lord, D. (2009). How to Incorporate Accident Severity and Vehicle Occupancy into the Hot Spot Identification Process?. *Transportation Research Record*, 2102(1), pp. 53-60.
- [100] Huib van, E., Lisanne van, W., Arno, S., Sander de, B. (2019). Handbook on the External Costs of Transport, Report for European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. ISBN 978-92-79-96917-1.
- [101] Mary, C., Yue Lena. J (2009). Drowsy drivers: The effect of light and circadian rhythm on crash occurrence. *Safety Science* Volume 47, Issue 10, pp. 1364-1370.
- [102] Reinberg, A., Smolensky, M. H., Riedel, M., Touitou, Y., Le Flo'ch, N., Clarisse, R., Marlot, M., Berrez, S., Pelisse, D., Mauvieux, B. (2015). Chronobiologic perspectives of black time— Accident risk is greatest at night: An opinion paper. *Chronobiology International*, 32:7, pp.1005-1018.
- [103] ***. European Commission, Fatigue, European Commission, Directorate General for Transport, February 2018. https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-fatigue.pdf (accessed 09.04.2020).
- [104] Mooi, E., Sarstedt, Marko. (2011). *A Concise Guide to Market Research: The Process, Data, and Methods Using IBM SPSS Statistics* (p.179). New York: Springer. 10.1007/978-3-642-12541-6.
- [105] Mary, C., Yue Lena. J (2009). Drowsy drivers: The effect of light and circadian rhythm on crash occurrence. *Safety Science* Volume 47, Issue 10, pp. 1364-1370.
- [106] Drosu, A. Abordarea Cronobiologica a Accidentului Rutier. *Revista ACR Autoturism*, 2019, pp. 8-10. https://www.acr.ro/pdf/Revista%20Autoturism/Autoturism_online/2019/Autoturism_2019.pdf (accesată 24.04.2020).
- [107] Saha, S., Schramm, P., Nolan, A., Hess, J. (2016). Adverse weather conditions and fatal motor vehicle crashes in the United States, 1994-2012. *Environmental Health* 15, 104 (2016).

- [108] Wilson, R., Crouch, E.A.C. (1982). Risk-Benefit analysis Cambridge, MA: Ballinger 218 pp.
- [109] Isar, D., Isar, A., Filtre, Editura Politehnica, Timișoara, 2003
- [110] Lazarus, mediu de dezvoltare a aplicațiilor, Online: <https://www.lazarus-ide.org/> (accesat 08.06.2021).
- [111] Covaciu, D., Dima, D. S., "Crash Tests Data Acquisition and Processing", In CONAT 2016 International Congress of Automotive and Transport Engineering, Brașov, Springer Verlag, 2016.
- [112] Dima, D. S., Covaciu, D., "Assessment of using GPS receivers and INS devices to test the dynamic performances of vehicles", In Proceedings of the EVU 2015 Congress, Edinburgh, 2015.
- [113] Dima, D. S., Covaciu, D., "Use of MEMS sensors for data acquisition in crash tests", In Proceedings of the EVU 2016 Congress, Bratislava, 2016.
- [114] Dima, D. S., Covaciu, D., "Solutions for acceleration measurement in vehicle crash tests", In CAR 2017 International Congress of Automotive and Transport Engineering, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 252 012007, 2017.
- [115] Halling J. (1978) Friction Theories. In: Halling J. (eds) Principles of Tribology. Palgrave, London. https://doi.org/10.1007/978-1-349-04138-1_4.
- [116] Warner, C., Smith, G., James, M., and Germane, G., "Friction Applications in Accident Reconstruction," SAE Technical Paper 830612, 1983, <https://doi.org/10.4271/830612>.
- [117] Noyce, D., Yambó, J.M., & Kim, G. (2005). Incorporating road safety into pavement management: maximizing asphalt pavement surface friction for road safety improvements.

Rezumatul Tezei

Scopul prezentei teze de doctorat este acela de a analiza influența factorilor de mediu asupra traficului rutier și a accidentelor de circulație. Influența factorilor de mediu asupra traficului rutier a fost abordată la nivel teoretic, iar influența condițiilor meteorologice asupra accidentelor de circulație a fost detrimată prin utilizarea unor metode de măsurare a intensității legăturilor dintre fenomene, la diferite niveluri de agregare a datelor. Riscul de accident fatal a fost modelat într-o structură exponențială, prin utilizarea unei abordări probabilistice, luând în considerare și ritmurile circadiene ale factorului uman. Au fost efectuate teste experimentale pentru determinarea variației coeficientului de aderență în diverse condiții de mediu, iar datele achiziționate și prelucrate au fost validate utilizând tehnici de regresie multiliniară aplicată în scop explicativ. A fost demonstrat faptul că nu numai condițiile meteorologice influențează producerea accidentelor de circulație, dar și alte diverse componente ale mediului rutier.

Abstract

The aim of this PhD thesis is to assess the environmental factors' influence on road traffic and road accidents. The influence of environmental factors on road traffic is approached at a theoretical level and the influence of weather conditions on traffic accidents is demonstrated by using methods which asses the relationships between different phenomena and their intensity, at different levels of data aggregation. The risk of fatal accident is modelled on an exponential structure, by using a probabilistic approach and the circadian rhythms of the human factor are also taken into consideration. Practical tests were performed in order to measure the variation of the friction coefficient in various environmental conditions, and the data were validated using multi-linear regression techniques applied for explanatory purposes. It has been shown that not only weather conditions influence the occurrence of traffic accidents, but also various components of the road environment.