



Simpozionul Științific al Inginerilor Români de Pretutindeni
SINGRO 2016

Craiova, 8-9 septembrie 2016

Modele pentru estimarea accidentelor de circulație rutieră la nivelul zonelor urbane

Prof. emerit dr. ing. Șerban RAICU



Academia de Științe Tehnice din România

Conf. dr. ing. Dorinela COSTESCU

Ș.l. dr. ing. Mircea Augustin ROȘCA



*Universitatea "Politehnica" din București, Facultatea de Transporturi,
Departamentul Transporturi, trafic și logistică*

1. Riscul asociat circulației rutiere

Impactul riscului asociat circulației rutiere este rareori inclus în evaluarea proiectelor de creștere a fluenței traficului urban, deși costurile sociale ale accidentelor sunt apreciate cvasipretutindeni ca fiind foarte mari.

În ultima vreme însă, tot mai frecvent riscul asociat traficului rutier urban este inclus ca un criteriu adițional în selecția celor mai bune alternative de planificare urbană, cu **scopul de a minimiza a-priori numărul accidentelor** în fiecare alternativă de proiectare analizată.

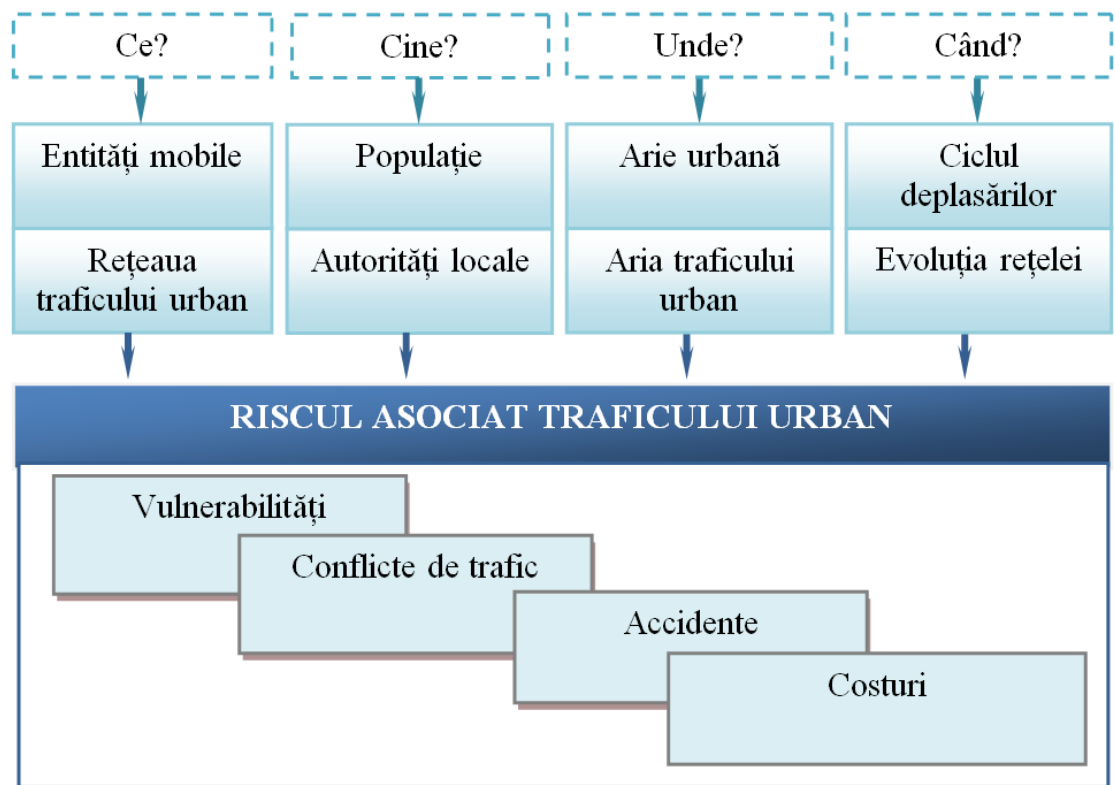
Aceasta înseamnă că **este necesară o predicție a riscului intrinsec al fiecărei configurații de circulație rutieră urbană.**

1. Riscul asociat circulației rutiere

Sub aspect fenomenologic, spațiul urban în care apare riscul de producere a accidentelor de circulație, este un **sistem spațial complex**.

Clasele de intrări în sistem (definitorii pentru situația de risc) se pot clasifica în patru categorii:

- ❑ **obiecte** (entități mobile – vehicule, pietoni etc. și entități funcționale ale infrastructurii de trafic)
- ❑ **actori** (autorități locale, administratori ai infrastructurilor de trafic etc.),
- ❑ **structuri spațiale** și
- ❑ **structuri temporale**.



1. Riscul asociat circulației rutiere

În ultimele două decenii, toate aceste clase au suferit modificări importante în **București, zona de studiu** la care se referă această lucrare.

Schimbările radicale ale vieții socio-economice, modificările majore ale structurii sectorului comercial – cauzate de dezvoltarea marilor centre comerciale, noi concentrări ale zonelor rezidențiale și de birouri, amplasate în aria urbană sau la perimetrul acesteia, modificările structurale și spațiale ale punctelor de interes (pentru muncă, educație, petrecerea timpului liber) **au determinat intensificarea și creșterea eterogenității traficului, adică expunerea la risc.**

1. Riscul asociat circulației rutiere

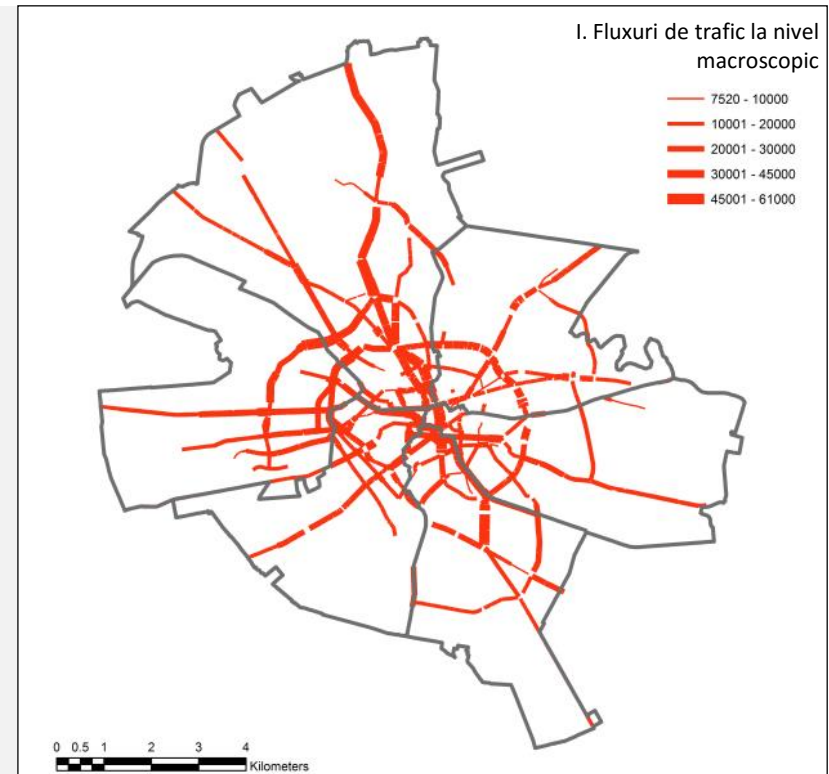
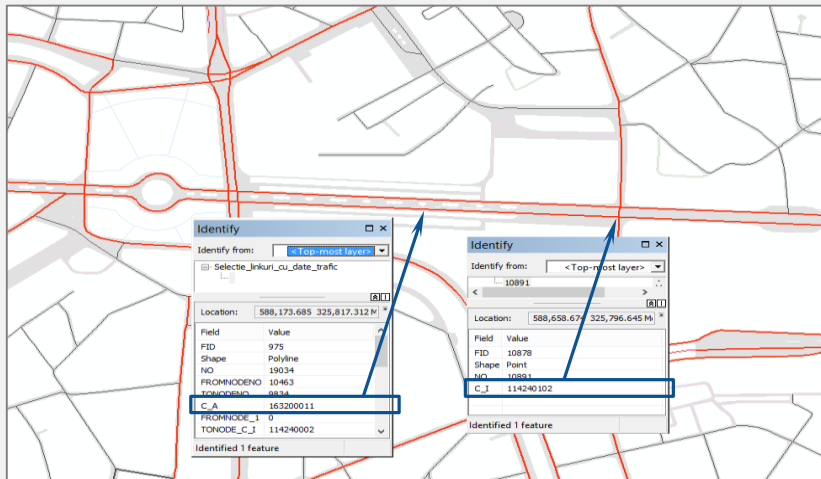
În acest cadru, a fost inițiat proiectul *„Cercetări pentru estimarea și creșterea performanțelor de siguranță intrinsecă a rețelelor traficului urban” (SAFENET)*, care include studii asupra siguranței circulației specifice spațiului urban, particularizate pentru orașul București.

Subordonat obiectivelor proiectului de **identificare a unui set de soluții pentru scăderea riscului asociat circulației rutiere în București**, scopul studiului prezentat în această lucrare constă în *dezvoltarea unui model de estimare a accidentelor în raport cu funcțiile zonelor urbane*.

2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

Pentru identificarea tipologiei și caracteristicilor zonelor cu premise specifice de risc la accidente, s-au prelucrat următoarele seturi de date:

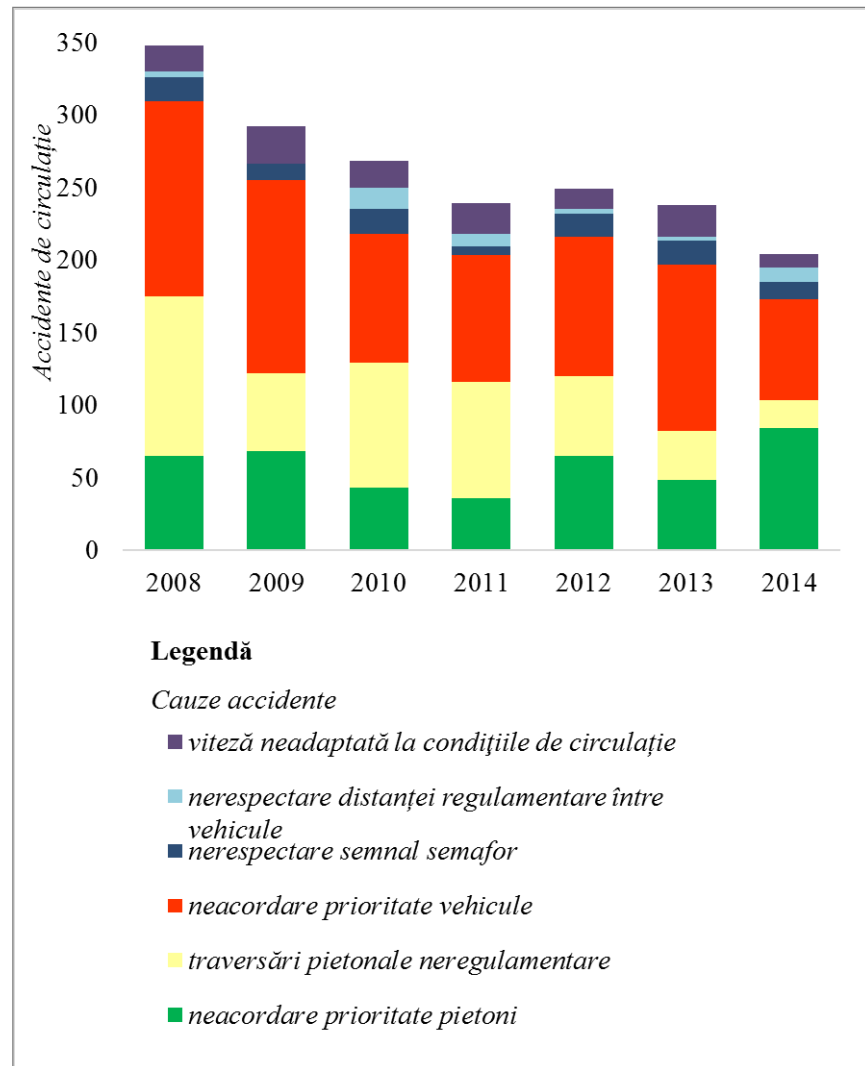
- Baza de date geografice a rețelei rutiere din București, care include attribute pentru caracterizarea intersecțiilor și arterelor (1, 2).



- (1) Raicu, Ș., Costescu, D., Burciu, Ș., *Evaluation of road safety performances in urban areas*, în C.A. Brebbia (Ed.), "Urban Transport XX. The Built Environment", Vol. 38, 2014.
- (2) Costescu, D., Raicu, Ș., *Evaluarea performanțelor de siguranță a elementelor rețelei rutiere urbane*, Buletinul AGIR nr. 2, 2014.

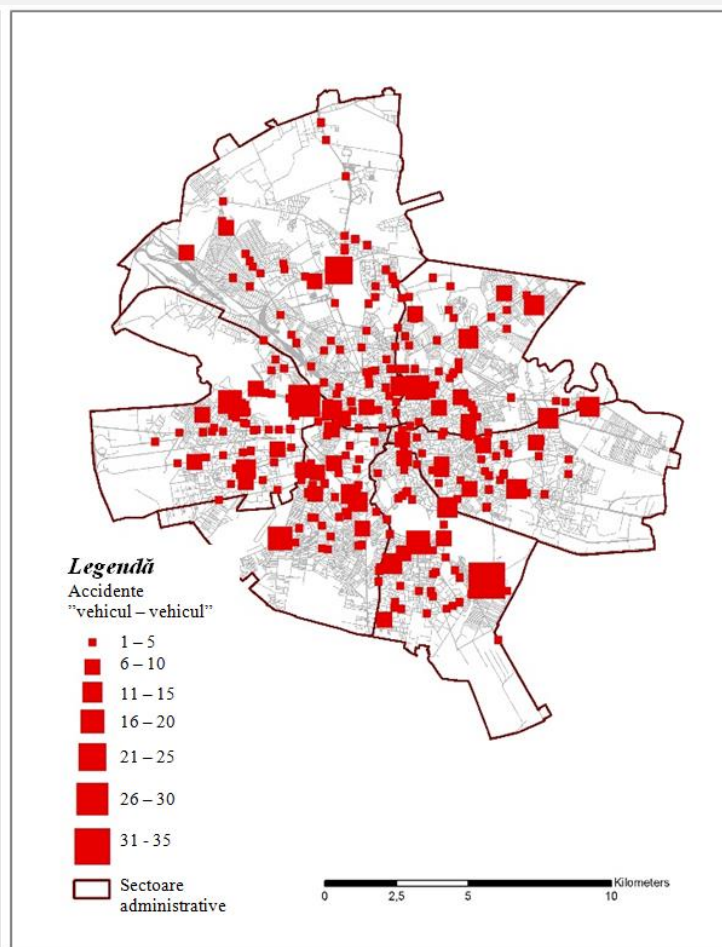
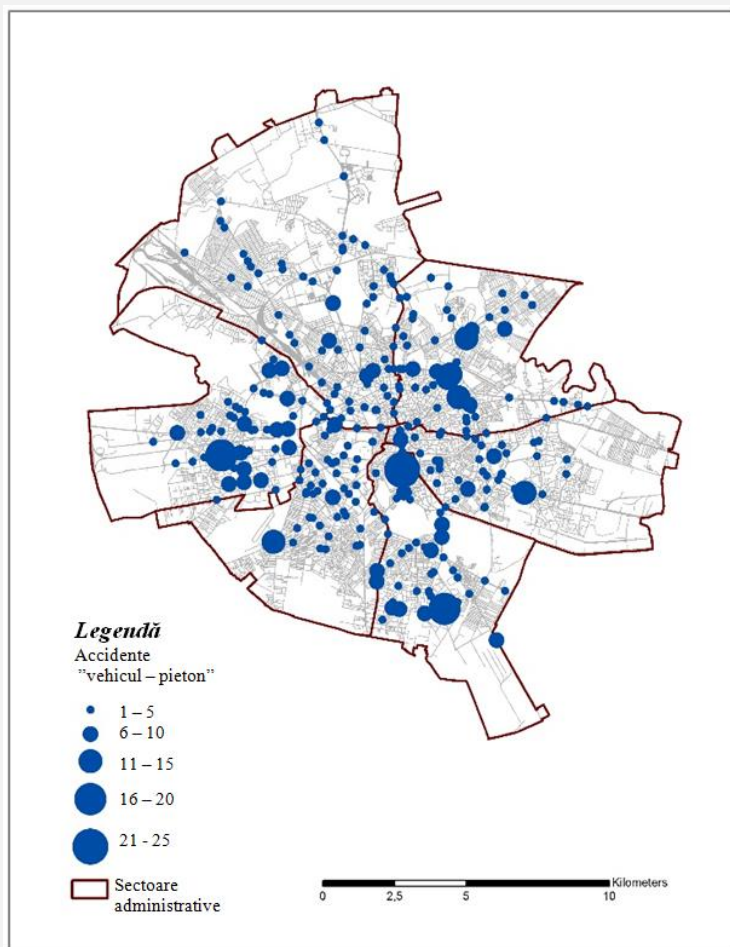
2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

□ Statistica accidentelor de circulație înregistrate în București în perioada 2008 – 2014; datele disponibile, pentru un total de 1769 accidente, includ înregistrări ale evenimentelor de circulație grave, care au implicat persoane rănite, decese și/sau pagube materiale semnificative.



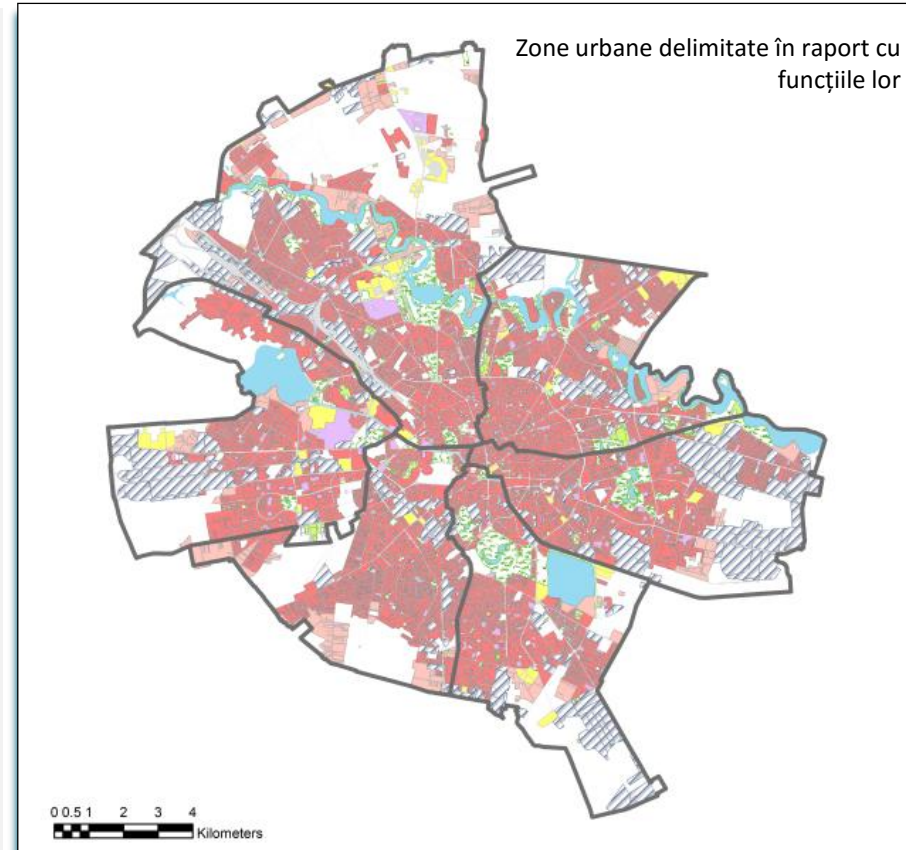
2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

- Baza de date geografice cu alocarea accidentelor pe elementele rețelei rutiere.



2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

- Baza de date a zonelor urbane delimitate în raport cu funcțiile lor; datele disponibile, pentru aria orașului București (228 km², cu aproximativ 1.890.000 locuitori), includ 9675 zone definite pentru 12 funcții urbane.



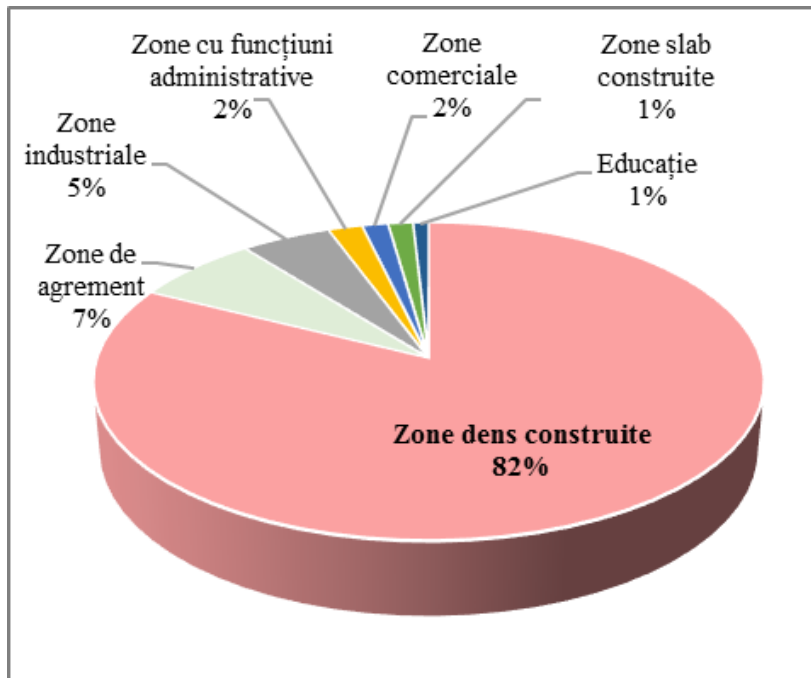
2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

Clasificarea zonelor urbane considerate în modelul de estimare a accidentelor

<i>i</i>	<i>Codificare</i>	<i>Descriere zonă</i>
1	ZDC	Zone cu construcții înalte, în ansambluri cu funcționalități multiple (preponderant rezidențiale, dar și comerciale, pentru birouri), cu coeficient ridicat de utilizare a terenului (" <i>zone dens construite</i> ")
2	ZSC	Zone cu construcții cu număr redus de niveluri (în special cu funcții rezidențiale), cu coeficient de utilizare a terenului redus (" <i>zone slab construite</i> ")
3	ADM	Zone cu funcții administrative, destinate instituțiilor guvernamentale și administrative naționale și locale
4	COM	Zone cu funcții comerciale: ansambluri comerciale, centre comerciale, hipermarketuri
5	IT	Infrastructuri de trafic: zone destinate circulației (străzi, piețe) și parcărilor, zone ocupate pentru operarea mijloacelor de transport public (depouri, autobaze etc.)
6	TTP	Terminale de transport de persoane: arii ocupate de aeroporturi, stații de cale ferată pentru călători, autogări pentru transport regional și național
7	IND	Zone industriale, ocupate de unități cu funcționalități de producție, platforme logistice, terminale de transport de mărfuri
8	EDU	Zone cu funcții de educație: arii ocupate de universități, școli, grădinițe, cluburi școlare
9	CU	Zone cu funcții culturale: muzee, teatre, institute culturale
10	PRC	Zone cu parcuri, zone de agrement, locuri de joacă
11	ST	Arii ocupate de stadioane și facilități adiacente acestora
12	ZV	Zone verzi: păduri, spații verzi, grădini, sere

2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

Deoarece scopul studiului este de a determina dependența dintre atributele zonelor urbane și numărul accidentelor de circulație, am eliminat din setul de date zonele ocupate de infrastructura de trafic și am alocat accidentele zonelor urbane (cu alte funcții decât cele de circulație) adiacente elementelor rețelei rutiere pe care acestea au fost înregistrate. După acest pas, au fost selectate **7650 zone pentru continuarea analizei**.



Ponderea accidentelor de circulație, în raport cu tipul funcțiilor zonelor urbane în care au fost înregistrate

2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

Funcțiile urbane ale fiecărei zone influențează direct fluxurile de trafic generate și atrase. De asemenea, au efecte asupra modului de amenajare și a funcțiilor zonelor adiacente.



- De aceea, înainte de a analiza influențele atributelor zonelor urbane asupra numărului de accidente, este necesar să se verifice corelația spațială a distribuției accidentelor în aria de studiu.



- Pentru această verificare s-a utilizat **coeficientul Moran I** calculat în funcție de numărul accidentelor alocate în fiecare zonă.

2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

Analiza corelației spațiale a distribuției accidentelor la nivelul zonelor delimitate în raport cu funcțiile urbane



**Coeficientul Moran I = 0,39,
cu scorul z = 264**



Valori care indică o repartizare concentrată a punctelor în care s-au înregistrat accidente și relații spațiale între acestea și zonele adiacente.



*Analiza influenței atributelor spațiale asupra accidentelor la acest nivel de zonificare **nu este adecvată și trebuie ales alt nivel de analiză.***

2. Modelarea spațiului urban în vederea estimării accidentelor de circulație

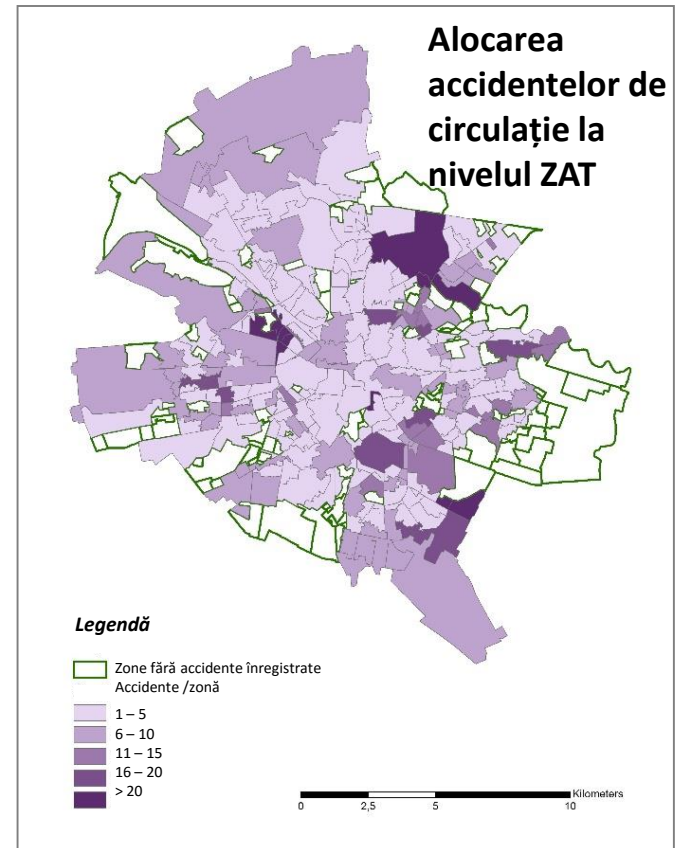
Analiza corelației spațiale a distribuției accidentelor la nivelul zonelor de analiză a traficului

Studiu pentru cele 366 zone de analiză a traficului (ZAT) definite în planul de mobilitate urbană durabilă pentru București – Ilfov ⁽³⁾

Coeficientul Moran I = 0,016,
cu scorul z = 0,74

Distribuție aleatoare a accidentelor pe zone și faptul că accidentele dintr-o zonă nu sunt influențate de zonele adiacente.

Seturile de date rezultate sunt potrivite pentru continuarea analizei asupra dependențelor dintre atributele spațiale ale zonelor urbane și numărul de accidente.



(3) Planul de mobilitate urbană durabilă 2016-2030. Regiunea București – Ilfov 2016, București, <http://pmud.ro/>.

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

Date de intrare

Setul de date al zonelor de analiză a traficului
cu attribute pentru:

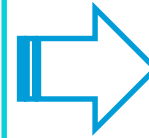
- Arie
- Populație
- Număr de angajați
- Număr de accidente

Setul de date pentru modelul rețelei rutiere
cu attribute pentru:

- Lungime străzi
- Categorie străzi
- Cod strazi (pentru caracterizarea proprietăților topologice și constructive ale drumurilor)

Setul de date pentru zone urbane funcționale
cu attribute pentru:

- Codul funcției urbane
- Arie
- Număr de accidente



Procedură de analiză spațială și calcul al atributelor entităților geografice



Date de ieșire

Setul de date al zonelor de analiză pentru estimarea accidentelor
cu attribute suplimentare corespunzătoare variabilelor Y_i (necesare în modelul pentru estimarea numărului de accidente)

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

Caracteristicile zonelor urbane utilizate în estimarea numărului de accidente (1)

i	Variabila Y_i	Descriere	Numărul zonelor N_z	Medie	Valoare minimă	Valoare maximă	Abatere standard
1	S_z	Arie [km ²]	366	0,65	0,01	19,50	1,43
2	P_z	Populație [loc.]	366	5148	0	24190	5690
3	ρ_z	Densitatea populației [loc./km ²]	366	16632	0	99095	19183
4	P_{Az}	Număr angajați [loc.]	366	2442	0	11960	2768
5	ρ_{Az}	Densitatea numărului de angajați [loc./km ²]	366	7926	0	41078	9283
6	L_R	Lungimea rețelei rutiere (incluzând toate categoriile de străzi) [km]	366	6,7	0	70,0	7,7
7	ρ_z	Densitatea rețelei rutiere [km/km ²]	366	14,5	0	31,5	6,1
8	S_{IT}	Aria infrastructurii traficului [km ²]	366	0,06	0	0,98	0,09
9	ρ_{IT}	Densitatea infrastructurii traficului [km ² /km ²]	366	0,12	0	0,38	0,06
10	S_{ZDC}	Aria zonelor dens construite [km ²]	366	0,22	0	1,86	0,24

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

Caracteristicile zonelor urbane utilizate în estimarea numărului de accidente (2)

i	Variabila Y_i	Descriere	Numărul zonelor N_z	Medie	Valoare minimă	Valoare maximă	Abatere standard
11	ρ_{ZDC}	Densitatea zonelor dens construite [km ² /km ²]	366	0,53	0	0,91	0,27
12	S_{PRC}	Aria zonelor de agrement [km ²]	366	0,08	0	2,67	0,26
13	ρ_{PRC}	Densitatea zonelor de agrement [km ² /km ²]	366	0,27	0	12,07	1,09
14	S_{IND}	Aria zonelor industriale [km ²]	366	0,20	0	6,62	0,55
15	ρ_{IND}	Densitatea zonelor industriale [km ² /km ²]	366	0,87	0	85,95	4,74
16	S_{COM}	Aria zonelor comerciale [km ²]	366	0,02	0	0,59	0,08
17	ρ_{COM}	Densitatea zonelor comerciale [km ² /km ²]	366	0,06	0	2,50	0,25
18	S_{ADM}	Aria zonelor cu funcții administrative și guvernamentale [km ²]	366	0,05	0	1,10	0,18
19	ρ_{ADM}	Densitatea zonelor cu funcții administrative și guvernamentale [km ² /km ²]	366	0,31	0	17,85	1,61
D_v	A	Accidente/7 ani	366	4,83	0	34	5,77

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

În urma a numeroase teste statistice aplicate diferitelor seturi de variabile aparținând mulțimii $\{Y_i | i=1..19\}$, pe baza valorilor rezultate pentru

- coeficientul de corelație R^2 ,
- coeficientul de corelație ajustat,
- criteriul informației Akaike $AICc$ și
- factorul de modificare a dispersiei VIF (*variance inflation factor*),

s-a determinat mulțimea de variabile cu influențe semnificative asupra accidentelor:

ρ_z - densitatea populației

S_{ZDC} - aria zonelor dens construite

ρ_{IT} - densitatea infrastructurii traficului

S_{IND} - aria zonelor industriale

S_{COM} - aria zonelor comerciale

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

Au fost utilizate succesiv instrumentele GIS de regresie spațială pentru calibrarea modelului, până când s-a obținut relația:

$$\hat{A}(j) = 3,87 \cdot \rho_{z,j}^{0,81} \cdot S_{ZDC,j}^{0,87} \cdot \rho_{IT,j} \cdot e^{0,07 \cdot S_{IND,j} + 0,03 \cdot S_{COM,j}} \text{ accidente/7 ani}$$

sau

$$\hat{A}(j) = 0,552 \cdot \rho_{z,j}^{0,81} \cdot S_{ZDC,j}^{0,87} \cdot \rho_{IT,j} \cdot e^{0,07 \cdot S_{IND,j} + 0,03 \cdot S_{COM,j}} \text{ accidente/an}$$



Coeficientul de corelație R^2 : 0,56

Coeficientul de corelație ajustat : 0,51

3. Estimarea numărului de accidente de circulație la nivelul zonelor urbane

Deși valorile coeficienților de corelație pot părea mici, ele sunt totuși **considerate satisfăcătoare** în cazul estimării accidentelor de circulație, ținând seama de complexitatea factorilor care pot conduce la producerea unui accident și de faptul că aceste modele țin seama doar de proprietățile intrinseci ale elementelor rețelei rutiere și ale spațiului urban.

Această concluzie este susținută și de valorile erorilor reziduale rezultate în urma aplicării modelului pentru cele 366 de zone.

Pentru aproximativ **75% din aria de studiu** au rezultat **erori reziduale mai mici de 1,5**.

- ❑ O calibrare mai bună a modelului, și implicit rezultate mai bune pentru estimarea accidentelor de circulație la nivelul zonelor urbane, ar putea fi obținută prin utilizarea unor serii mai ample de date, pe perioade mai îndelungate (obținute prin continuarea înregistrărilor accidentelor, cu atribute mai detaliate asupra producerii lor și prin constituirea unor baze de date mai complexe asupra activităților socio-economice din zonele urbane).

Concluzii

Soluțiile pentru asigurarea nevoilor de mobilitate, dependente de mărimea, forma și structura aglomerației urbane sunt potențial responsabile de mărimea riscului asociat circulației. Raportate la exigențele dezvoltării durabile, aceste soluții trebuie să armonizeze nevoile de accesibilitate ale locuitorilor cu cerințele de protecție a mediului natural și antropic și cu cele de calitate a locuirii, care include și nevoia imperioasă de reducere a riscului accidentelor de circulație.

Spațiile urbane sunt sediul mobilității urbane, cu diferitele sale forme de deplasare, motorizate și nemotorizate, caracterizate de diverse intensități ale consumului de teren, tipuri de impact ambiental și niveluri de siguranță. Pentru a identifica soluții adecvate de ameliorare a siguranței circulației, este necesară identificarea atributelor funcțiilor urbane în zonele cu performanțe reduse ale siguranței circulației.

Concluzii

Funcțiile urbane (rezidențiale, comerciale, industriale, afaceri, utilizări mixte etc.) ale fiecărei zone determină mărimea și structura fluxurilor generate și atrase. Aplicarea unor noi măsuri de planificare urbană influențează direct activitățile sociale și economice și implicit fluxurile de trafic și riscul asociat lor.

Modelele de estimare a accidentelor de circulație constituie instrumente utile în identificarea corelațiilor dintre caracteristicile zonelor urbane și riscul de producere a accidentelor. În etapa de planificare urbană, aceste instrumente, pe lângă studiile de trafic necesare, permit estimarea riscului asociat traficului și includerea lui ca un criteriu suplimentar în analiza diferitelor variante de dezvoltare și structurare a spațiului urban.

Concluzii

Studiul prezentat în această lucrare pentru dezvoltarea unui model de estimare a accidentelor la nivelul zonelor urbane din București constituie un pas în realizarea unor astfel de instrumente pentru evaluarea riscului asociat traficului și pentru identificarea măsurilor de creștere a performanțelor de siguranță încă din etapa de planificare (înainte de producerea accidentelor și consolidarea unor puncte negre, care să atragă atenția asupra necesității aplicării unor măsuri de ameliorare a siguranței circulației rutiere).

Această lucrare include cercetări realizate în cadrul proiectului

„Cercetări pentru estimarea și creșterea performanțelor de siguranță intrinsecă a rețelelor traficului urban”,

PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-1439, finanțat prin Programul Parteneriate în domenii prioritare – PN II, derulat cu sprijinul ANCS, CNDI – UEFISCDI, contract nr. 193/2012.

<http://www.safenet.pub.ro>

Vă mulțumesc pentru atenție!

Universitatea "Politehnica" din București
Departamentul Transporturi, trafic și logistică
ingtrans.pub.ro

