

# Modelarea și simularea pe calculator a sistemelor de transport și de trafic

Prof.dr.ing. Eugen ROȘCA

## Rezumatul tezei

Teza cumulează o parte din rezultatele relevante obținute în activitatea de cercetare după acordarea titlului de doctor în Științe inginerești, domeniul Ingineria Transporturilor. Sunt incluse aspecte tratate în articole de specialitate publicate în reviste indexate ISI, rezultate din timpul programului de studii postdoctorale și din cadrul contractelor de cercetare cu finanțare internațională.

Tema care reprezintă *firul roșu* al tezei o constituie modelarea și simularea sistemelor de transport și de trafic. Procesele de transport sunt influențate de variabile externe și de determinanți interni care induc o eterogenitate mare a elementelor care interacționează. Prin urmare, modelele analitice își dovedesc o aplicabilitate limitată în analiza funcționării sistemelor de transport și de trafic. Simularea pe calculator oferă posibilitatea ajustării gradului de detaliere în funcție de scopul observatorului și includerea în model a tuturor proprietăților semnificative ale elementelor sistemului. Organizarea ierarhică a modelelor, compresia timpului, includerea scenariilor de funcționare sunt alte elemente care dovedesc puterea de discriminare a simulării numerice. Utilitatea se dovedește atât la nivel strategic (ex. proiectarea sistemelor de transport de mari dimensiuni, amplasarea și structura terminalelor de transport, interacțiunea fluxurilor la nivelul ansamblului rețelei de transport), cât și tactic (ex. proiectarea proceselor tehnologice în terminale, dimensionarea capacității subsistemelor de transport în condiții de solicitare neuniformă, analiza regulilor și priorităților de servire).

Capitolul al doilea al tezei aduce în prim plan posibilitățile de utilizare a simulării modelelor cu evenimente discrete din transporturi și logistică. Folosind software-ul de simulare ARENA, un model de simulare este dezvoltat pentru a analiza funcționarea unui punct de trecere a frontierei terestre. Această simulare este făcută pentru ieșirea din România către Republica Moldova prin vama Albița și a fost inclus în proiectul ACROSSE - “Accessibility improved at border CROSSings for the integration of South East Europe”. Punctul de frontieră luat în calcul a fost *Vama Albița*, dintre România și Moldova. Pe baza sondajelor efectuate în teren au fost stabilite valorile fluxurilor de transport, neuniformitățile înregistrate, compoziția traficului, numărul echipelor de prelucrare (poliția de frontieră și vameși), duratele de prelucrare. Au fost analizate 6 scenarii de lucru, cu diferite ipoteze privind numărul și eficiența echipelor de lucru din punctul de trecere a frontierei. Rezultatele obținute pentru scenariile S1 și S4 evidențiază timpul mediu de așteptare extrem de lung la controlul poliției de frontieră. Se recomandă creșterea treptată a numărului de echipe pentru poliția de frontieră (scenariile S2-S3 și S5-S6), care conduc la o reducere considerabilă a timpilor de așteptare pentru controlul la poliția de frontieră. Reorganizarea modului de efectuare a controlului, prin acordarea priorității vehiculelor cu durate mai mici de prelucrare vamală (disciplina de servire shortest service time – SST) conduce, de asemenea, la îmbunătățirea parametrilor de performanță ai sistemului.

Un al doilea model a fost realizat pentru optimizarea tehnologiilor de manipulare în terminalele portuare prin coordonarea productivității diferitelor echipamente. Modelul este împărțit în trei submodele, fiecare corespunzând unei situații de coordonare diferite:

- Submodelul A – macaraua de cheu funcționează cu productivitatea maximă până când depozitul tampon de la dană este plin, apoi productivitatea sa este ajustată la productivitatea stivuitoarelor/macaralelor cu pneuri;
- Submodelul B – macaraua de cheu funcționează la productivitatea maximă până când se atinge capacitatea depozitului tampon de la dană, apoi se oprește până când depozitul de la dană se golește și ciclul continuă;
- Submodelul C – productivitatea macaralei de cheu este setată astfel încât atunci când nava este complet descărcată, depozitul tampon de la dană este plin.

Submodelele A și C sunt încă identice din punct de vedere al parametrilor de servire, în timp ce submodelul B se dovedește cel mai ineficient. Se remarcă dependența ridicată a timpului de așteptare și a timpului de descărcare a navelor de capacitatea de depozitului tampon. Gradul de utilizarea macaralei este aceeași pentru submodelele A și B, iar cea mai mare valoare corespunde submodelului C. Dar, pe măsură ce capacitatea depozitului tampon al danei crește, diferența dintre modele se reduce. Macaraua de cheu funcționează la productivitate maximă cea mai mare parte a timpului, deoarece capacitatea depozitului tampon nu mai este limitativă. Scăderea timpului de descărcare este tradusă și în scăderea gradului de ocupare a danei, de asemenea invers corelată cu dimensiunea depozitului tampon. Analiza reliefează pe de o parte tipul tehnologiilor care se dovedesc a avea eficiența maximă, cât și influența caracteristicilor elementelor componente asupra performanței sistemului.

Capitolul al treilea este dedicat modelării și simulării sistemelor de trafic la scale diferite. În cazul microsimulării, accentul este pus pe evaluarea efectelor congestiei asupra consumurilor energetice și a emisiilor poluante. Modelele de simulare realizate în VISSIM și AIMSUN au fost completate cu programe de calcul proprii pentru evaluarea emisiilor și a consumurilor energetice, având la bază recomandările Agenției Europene a Mediului (EEA). Studiile întreprinse reliefează influențele non-liniare determinate de congestia traficului asupra consumurilor energetice și a emisiilor poluante și necesitatea adoptării de soluții tehnologice precum coordonarea sistemelor de dirijare a circulației, introducerea unei verzi, acordarea priorității în intersecții pentru transportul public. Modelul de macrosimulare prezentat relevă influența localizării sistemului de activități (economice, sociale, recreaționale, rezidențiale) asupra distribuției fluxurilor de trafic la nivel urban și identificarea zonelor potențial congestionate. Programele software dedicate macrosimulării sistemelor de transport (ex. VISUM) se dovedesc un instrument util în analiza interacțiunii dintre amenajarea teritoriului și transporturi, prin orientarea factorilor decizionali în luarea deciziilor de dezvoltare a zonelor urbane și periurbane.

Capitolul al patrulea prezintă rezultate obținute în domeniul fiabilității și vulnerabilității rețelelor de transport. Cercetările realizate de cadrele didactice din Departamentul Transporturi, Trafic și Logistică au generat primele studii la nivel național care vizează fiabilitatea și vulnerabilitatea rețelelor infrastructurilor de transport (conceptualizare teoretică și aplicare practică). Sunt prezentate modele de analiză și identificare a punctelor critice din rețea (transpuse în teren în noduri, sectoare de drum/cale ferată, poduri etc.), ierarhizarea lor din punct de vedere al vulnerabilității și efectele asupra ansamblului rețelei generate de întreruperea funcționării lor (accesibilitate și costuri). Un model care utilizează principiul maximizării entropiei este dezvoltat pentru stabilirea nivelului de fiabilitate al componentelor rețelei de transport, astfel încât să se mențină un nivel dorit al serviciului furnizat la ansamblul rețelei. Modelul a fost aplicat pentru rețeaua de metrou din București.

Ultimul capitol prezintă rezultatele activității didactice și de cercetare obținute de la dobândirea titlului de doctor în științe și direcțiile viitoare de cercetare. Toate activitățile de cercetare și predare sunt strâns legate, iar experiența anterioară în domeniul cercetării este un catalizator pentru ca viitoarele echipe de cercetare să devină competitive în competițiile cu finanțare națională sau europeană. Principalele realizări în domeniu sunt:

1. Contribuție la proiectele de cercetare/dezvoltare/inovare pentru agenți economici, municipalități sau obținute prin concurs/licitație, finanțate din fonduri naționale sau europene pentru cercetare:
  - ECOSSED – Educație civică pentru colectarea selectivă a deșeurilor în campusurile universitare - Contract 92110, 2008- 2011, PNCDI II, „Parteneriate în domenii prioritare”, Director de proiect;
  - “Plan de mobilitate urbană integrate în Municipiul Dej”, Ctr.83/22.09.2015, Beneficiar Consiliul Local Dej, Director de proiect;
  - Proiect pentru construirea unui terminal de containere în Brănești-Ilfov, Contract UTZ 441/2013, Beneficiar Unicom Tranzit, Director de proiect;
  - „Database design and survey results on the national railway network” Contract CPV 74130000-9”, Beneficiary Louis Berger SAS, Paris, France, Project Director;
  - Modelarea deciziilor strategice pentru dezvoltarea infrastructurilor de transport - CNCISIS 879/2006, Director de proiect Prof.dr.ing. Mihaela Popa, Membru în echipă;
  - TEN-T Core Network Corridor Study for the Rhine – Danube Corridor-MOVE/B.1/FV2012–, funded by European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, coordinate by iC consulente Ziviltechniker GesmbH, Austria, partners: HaCon Ingenieursgesellschaft, Germania, Panteia B.V., Holland, UPB, Via donau, Österreichische Wasserstraßen- Gesellschaft m.b.H, Austria, 2014, Director de proiect Prof.dr.ing. Mihaela Popa, Membru în echipă;
  - ACROSEE -Accessibility improved at border CROSSings for the integration of South East Europe - SEE/D/0093/3.3/X- funded through South-East Europe Program from the European Regional Development Fund (24 partners, coordinator: C.E.I. Italy), Director de proiect Prof.dr.ing. Mihaela Popa, Membru în echipă;
  - FLAVIA - Freight and Logistics Advancement in Central/South-East Europe - Validation of trade and transport processes, Implementation of improvement actions, Application of co-coordinated structures– 2CE189P2- 2010, funded by the European Regional Development Fund (with 14 partners in consortium and University of Applied Sciences, Wildau, Germany as lead partner), 2010-2013, Director de proiect Prof.dr.ing. Mihaela Popa, Membru în echipă;
  - DANUBE – Încurajarea transportului fluvial al mărfurilor și descongestionarea coridoarelor de transport prin creșterea intermodalității pe Dunăre, XIC 19 CEEX/2005, 2005-2007, Director de proiect Prof.dr.ing. Vasile Dragu, Membru în echipă;
  - SAFENET – Cercetări pentru estimarea și creșterea performanțelor de siguranță intrinsecă a rețelelor traficului urban, PNCDI II, Director de proiect Conf.dr.ing. Dorinela Costescu, Membru în echipă;
  
2. Dezvoltarea/modernizarea conținutului disciplinelor și publicarea de materiale didactice, cărți și capitole de carte:
  - trei cărți (una autor unic, două coautor), trei manuale practice pentru studenți (în calitate de coautor) și trei contribuții în volume colective (publicate de edituri prestigioase precum Politehnica Press, AGIR, Springer);
  - introducerea/modernizarea conținutului cursurilor/laboratoarelor/proiectelor: Siguranța traficului și securitatea transporturilor, Management și Marketing în Transporturi, Informatică și Cibernetică în Transporturi, Modelare și Simulare în Transporturi;
  
3. Coordonarea cercetării studenților:
  - Sesiuni științifice anuale ale studenților (cel puțin 2 studenți pe an) ;

- Proiecte de diplomă în domeniul Ingineria transporturilor și a traficului (cel puțin 8 absolvenți pe an);
  - Dezvoltarea temelor de cercetare și a lucrărilor de disertație a studenților din programul de master "Logistica transporturilor" (4 studenți/an);
  - Activități de îndrumare în cadrul școlii doctorale "Transport" (8 doctoranzi).
4. Participarea la activități de evaluare (expert) pentru proiectele de cercetare/inovare din cadrul programului sectorial "Îmbunătățirea Competitivității Economice" finanțat din fonduri europene – POSCCE (2009-2012 );
5. Stagii de cercetare:
- Universitatea Tehnică din Viena, Institutul de Transport (2010) – Program post-doctoral;
  - PTV London – VISSIM Traffic Simulation (2018) – Grant de mobilitate pentru cercetători (PNDI III)

Luând în considerare experiența anterioară, activitatea de cercetare, direcțiile de predare, precum și specializările din diferite domenii (economie și psihologie), obiectivele mele sunt orientate spre construirea și cooperarea în echipe eterogene de cercetare care să includă și studenți doctoranzi, cu scopul de a dezvolta studii multi și interdisciplinare. Direcțiile viitoare de cercetare sunt:

- I. *Simularea sistemelor logistice*
- Proiectarea rețelelor, a terminalelor de transport, managementul parcului de vehicule de transport,
  - Reproiectarea tehnologiilor, analiza performanțelor și a fiabilității sistemelor logistice.
- II. *Simularea traficului rutier*
- Calibrarea modelelor în funcție de comportamentul local/național de conducere a autoturismului și de trăsăturile individuale (acceptare/adversitate față de risc) și compararea cu alte modele de conducere
  - Evaluarea efectelor externe ale traficului (gaze cu efect de seră, gaze acidifiante, emisii de particule) și evaluarea economică a proiectelor de transport
  - Evaluarea politicilor urbane de reducere a congestiei traficului (ex. benzi dedicate transportului public, coordonarea semafoarelor și acordarea priorității transportului public, unda verde).
- III. *Fiabilitatea și vulnerabilitatea rețelelor de transport*
- Evaluarea fiabilității rețelei de transport urban utilizând modele stochastice de echilibru pentru a prezenta comportamentul incert al călătorului în alegerea traseului
  - Amplasarea stațiilor serviciilor de urgență (ex. spitale, stații de pompieri) în spațiul urban pentru a asigura un acces eficient în caz de dezastre.

Activitatea didactică la Universitatea Politehnică din București acoperă o gamă largă de cursuri și teme: Modelarea și simularea sistemelor de transport, Informatică și cibernetică în transporturi, Analiza economică în domeniul transporturilor. Cursurile predate includ rezultate din lucrările de cercetare recente, publicate în calitate de (co)autor cu membrii departamentului Transporturi, trafic și logistică. Acest lucru oferă studenților șansa de a beneficia de rezultatele cercetării.