

# SOLUȚII INFORMATICE DE PLANIFICARE A CĂLĂTORIILOR ÎN SCOP TURISTIC UTILIZÂND TRANSPORTUL COMBINAT

**Antonio Valentin TACHE**  
INCD URBAN-INCERC

**Alexandru-Ionuț PETRIȘOR**  
INCD Turism București, UAUIM București

**Ovidiu-Eugen CIOGESCU**  
S.C. Electrovâlcea S.R.L. Râmnicu Vâlcea

**Maria-Monica TACHE**  
INCD Turism București, UAUIM București

## Abstract

*The fundamental goal in approaching multimodality in transport is to integrate all modes of transport in an optimal, sustainable and ethical system. The implementation of intermodal services in the field of tourism will contribute to the increase of travel options, as well as to the provision of comfortable services, while increasing the efficiency of the transport system as a whole. The objective of the research is to identify and evaluate efficient IT solutions for calculating travel times in the integrated combined transport system of national road and rail infrastructure and the forecast demand in the field of public transport of people to tourist destinations. The proposed methodologies for defining IT solutions are based on the use of Geographic Information Systems, both in vector format corroborated with data on general transit specifications (GTFS) and in raster format by creating a continuous cost surface model, using all transport nodes.*

**Key words.** *multimodal transport, tourism, computer systems, GIS, GTFS.*

## 1. Context

Transportul intermodal este de obicei definit ca transportul multimodal de mărfuri pe căi ferate și maritime la nivel național și internațional, cu utilizarea transportului rutier în segmentele inițiale și finale ale rutei (Bitkowska și Tyszkiewicz, 2016).

Au fost realizate numeroase studii privind avantajele (în special calitatea serviciilor) și dezavantajele (costurile, problemele tehnice) ale sistemelor de transport intermodal. Abordarea intermodală presupune analizarea modului în care modurile individuale de transport pot fi conectate și gestionate ca un sistem de transport transparent și durabil. Un astfel de sistem ar trebui să sprijine eficiența, siguranța, mobilitatea, creșterea economică, protecția mediului natural. Orice persoană care pleacă de la oricare dintre modurile de transport disponibile (tren, autobuz, avion, metrou) poate primi informații prin sistemul intermodal servicii suplimentare pentru a ajunge la destinația finală. Confortul și atractivitatea sistemelor de transport de pasageri depind în mare măsură de calitatea transferurilor la schimburile dintre modurile de transport public. Un element crucial al unui sistem de transport intermodal de succes este coordonarea orelor, sincronizarea cât mai mult a timpilor de sosire și plecare între moduri de transport pentru a minimiza călătoria pasagerilor și timpul de așteptare. Pentru a evalua cu exactitate accesibilitatea transportului public, este esențial să surprindem variația spațio-temporală a serviciilor de tranzit. Acest lucru poate fi obținut prin măsurarea celor mai scurte căi sau a timpului minim de călătorie între perechile origine-destinație (O-D) la fiecare moment al zilei. Cele mai multe studii relevante care folosesc măsuri dependente de timpul de călătorie s-au concentrat pe accesibilitatea tranzitului pentru o zi specifică (de exemplu, ora de vârf), dar au ignorat fluctuația temporală a timpului de călătorie

de-a lungul zilei datorită variației programului de tranzit (Farber *et al.*, 2014). Dezavantajul unei astfel de analize ar putea conduce la o evaluare prea optimistă a accesibilității în tranzit datorită serviciului de transport care este mai frecvent în orele de vârf (Fayyaz *et al.*, 2017).

Astăzi, turismul este unul dintre principalii factori care determină cererea de transport de călători în lume. Astfel, ratele ridicate de creștere a călătoriilor turistice sporesc mobilitatea turiștilor și au un impact direct asupra dezvoltării și modernizării transportului. Reorganizarea și reamenajarea companiilor de transport au avut loc din ce în ce mai mult, în funcție de condițiile pieței de turism. În plus, dezvoltarea de noi destinații turistice și regiuni duce întotdeauna la schimbări organizaționale în rutele de transport teritorial de redistribuire a pasagerilor. Ca urmare a creșterii fluxului de turism au prins viață noi forme de turism care necesită introducerea unor metode, forme și mijloace organizaționale inovatoare (Danilyeva, 2016). În acest sens în multe țări funcționează cu succes organizații independente de transport a căror activitate exclusivă este de a îndruma turiștii în călătorie. Tendința pronunțată la nivel global este stabilirea unor legături strânse între organizațiile de transport și turism pentru a obține o coordonare optimă a eforturilor lor de creștere a calității serviciilor oferite turiștilor.

Dezvoltarea de soluții de transport intermodal de călători pentru soluționarea problemelor de mobilitate constituie un domeniu important de acțiune al politicilor de transport. Dar, pentru a oferi cetățenilor o mobilitate completă fără probleme, gestionarea sistemului de transport intermodal necesită integrarea a două componente majore: Sistemul de asistență pentru reglementarea traficului, pentru a ajuta operatorul responsabil pentru sarcinile de reglementare: coordonarea orelor, sincronizarea timpilor de sosire și plecare

între diferitele moduri de transport și Sistemul de informații pentru călători, oferind clienților acces la informații și folosind un set cuprinzător de instrumente informaționale.

Prin urmare, este crucial să se realizeze o optimizare a nodurilor de transfer între diferite moduri de transport pentru a le face funcționale și plăcute. De asemenea, nu există nici un interes în crearea unui sistem de transport eficient dacă pasagerii nu știu să-l folosească. Deci, un alt aspect important este furnizarea de informații de înaltă calitate. Aceste două aspecte care reduc la minimum timpul de așteptare și oferă informații în timp real pentru a ghida călătorii în mod eficient, sunt două puncte esențiale pentru proiectarea unui sistem de transport intermodal (Ezzedine *et al.*, 2008).

Ținând cont de stadiul actual al întregului sistem de transport din Europa, următorii factori cheie determină eficiența economică și tehnică a transportului intermodal și vor fi incluși în următoarea analiză: alegerea unităților de transport intermodal, alegerea mijloacelor de transport și a tehnologiei de transbordare și organizarea conexiunii intermodale. Toți acești factori trebuie optimizați, în contextul în care reducerea timpilor de călătorie în regiuni și orașe este esențială din punct de vedere social, economic și de mediu (Givoni și Banister, 2013).

Modelarea matematică permite integrarea diferitelor surse de date într-un cadru geospațial scalabil, dinamic și adaptabil. Prin modele, simulări și analize, fiecare având în vedere în mod explicit natura spațială a transportului, se pot genera noi informații. De asemenea, Sistemele Informaționale Geografice facilitează vizualizarea informațiilor care servește ca o platformă de comunicare cu bucle de feedback pentru integrarea datelor și setările modelelor, simulărilor și analizelor (Loidl *et al.*, 2016).

## 2. Materiale și metode

Sistemele de transport intermodal sunt orientate către client, ceea ce le face cu adevărat atractive. Însă, pentru a oferi cetățenilor o mobilitate completă fără probleme, acestea necesită sisteme avansate de gestionare care combină diferite decizii și sprijin informațional, în special pentru a ajuta operatorul responsabil pentru reglementarea traficului (Ezzedine *et al.*, 2008).

Pentru a spori eficiența politicilor de transport și a îmbunătăți posibilitățile de transfer, este esențial să obținem date de transport fiabile care să permită măsurarea traficului de zi cu zi și toți factorii care contribuie (Goliszek, 2017). Problema comutării către și de la locul de muncă este de obicei studiată în țările foarte dezvoltate, în timp ce în cele în curs de dezvoltare nu este chiar așa de obișnuită (Shirgaokar, 2014). În plus, datele rețelei sunt adesea greu accesibile, însă accesibilitatea s-a îmbunătățit în ultimii ani. Creșterea accesibilității s-a perfecționat atunci când datele privind specificațiile privind tranzitul public au devenit disponibile (Poelman și Dijkstra, 2015). O provocare foarte frecventă cu care se confruntă teoreticienii, din punct de vedere matematic, este optimizarea unei rețele (Yamada *et al.*, 2009). Modelele matematice trebuie să ia în considerare compromisurile dintre costuri și nivelul de servicii pentru clienți. Simulările care folosesc acest model intenționează să ajute la găsirea căilor de transport, astfel încât transportul combinat să poată concura cu transportul rutier (Rizzoli *et al.*, 2002). Pentru a evalua cu exactitate accesibilitatea transportului public, este necesar să surprindem variația spațio-temporală a serviciilor de tranzit. Acest lucru poate fi obținut prin măsurarea celor mai scurte căi sau a timpului minim de călătorie între perechile origine-destinație (OD) la fiecare moment al zilei.

În lucrarea propusă am identificat 2 metodologii de evaluare a timpilor de

transport intermodal pe baza infrastructurii rutiere și feroviare existente și a cererii prognozate în domeniul transportului public al persoanelor către destinații turistice, utilizând algoritmul standard utilizat pentru aceste motoare de căutare care este algoritmul Dijkstra (Dijkstra, 1959). Acest algoritm constă dintr-o căutare înainte de la un nod de rigină la nodul de destinație și o căutare înapoi de la nodul de destinație la nodul de origine.

Specificația generală de tranzit (GTFS) oferă oportunitatea de a compara serviciile de tranzit din diferite locuri și regiuni și permite astfel studiul la scări mari. GTFS-realtime este un standard dezvoltat de Google pentru a permite agențiilor de tranzit să furnizeze informații în timp real despre serviciile lor. Există trei tipuri de date pe care le oferă un flux GTFS în timp real: Pozițiile vehiculului; Actualizările de călătorie; Alerțele de servicii. Capabilitatea datelor GTFS constă în faptul că pot alimenta diferite tipuri de aplicații software de tranzit și multimodale, inclusiv planificarea călătoriei multimodale, crearea orarului, aplicații mobile, vizualizare, accesibilitate, instrumente de analiză pentru planificare, informații în timp real (Antrim și Barbeau, 2013).

Primul pas în realizarea aplicației, conform metodologiei de tip vector este definirea corectă a rețelei de drumuri și căi feroviare la nivel național. În acest context este necesară consultarea hărții digitale realizate de Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică privind traseul autostrăzilor, hărții digitale a calității drumurilor din România realizată de Asociația Pro Infrastructura și tipul drumurilor din România, conform aplicației Google Maps.

Cea de-a doua metodologie evaluată reprezintă modelul continuu de suprafață de cost (MSC), un instrument integrat în sistemele de informații geografice pentru găsirea unei rute optime între două puncte

prin spațiu continuu care să minimizeze costurile. Algoritmul utilizat, ca și în cazul metodologiei de tip vector, este algoritmul Dijkstra (sau algoritmul lui Dijkstra Shortest Path First, algoritmul SPF), algoritm matematic conceput pentru găsirea celor mai scurte căi dintre noduri într-un graf, care poate reprezenta, de exemplu, rețelele de drumuri și căi ferate în cazul nostru. Modelul suprafeței de cost (MSC) al timpului de deplasare identificat utilizează teme de date spațiale deja disponibile pentru majoritatea straturilor utilizate în domeniul amenajării teritoriului din România. Temele includ factori care înlesnesc deplasarea, cum ar fi rețeaua de drumuri și căi ferate și tipul de acoperire a terenului conform CORINE 2018, precum și bariere de deplasare, inclusiv pante, vegetație/suprafețe ale solului, ape (Tache, 2019). Modelul poate cuprinde un singur punct de plecare sau poate integra toate punctele inițiale de plecare dintr-o zonă lineară (de ex. rețeaua de drumuri, localități). Rezultatul MSC este o hartă tip rastru, în care fiecare valoare a unei celule reprezintă numărul total de secunde necesar deplasării dintr-un punct (sau mai multe puncte) de plecare specificat până la o celulă dată. Softul utilizat pentru calculul automat al indicatorilor de accesibilitate este un

modul specializat al ARCGIS-ului – Spatial Analyst.

### 3. Rezultate și discuții

Componenta de bază în identificarea și evaluarea soluției informatice GIS de tip vector este capacitatea de a găsi calea cea mai scurtă și de a actualiza timpul de călătorie între stații în ambele dimensiuni spațio-temporale. Toate calculele timpilor de călătorie se bazează pe citirea tabelor de timp din fișierele GTFS, astfel încât nu este necesară crearea grafului de rețea pentru fiecare oră de plecare. În acest sens, platforma informatică utilizând utilizează extensia de analiză a rețelei Network Analyst a softului ARCGIS. Astfel, administratorul de rețea poate schimba traiectoria de rute sugerată, adăuga opriri și poate face înregistrări în datele de programare a timpului (ore de sosire, ore de plecare, excepții de program ale rutelor legate, în special, de sărbători etc.).

Un exemplu concludent îl reprezintă platforma VINTRA (Fig. 1) o soluție cuprinzătoare pentru un sistem de tranzit public complet dezvoltat în Lituania (Jakimavičius *et al.*, 2019).

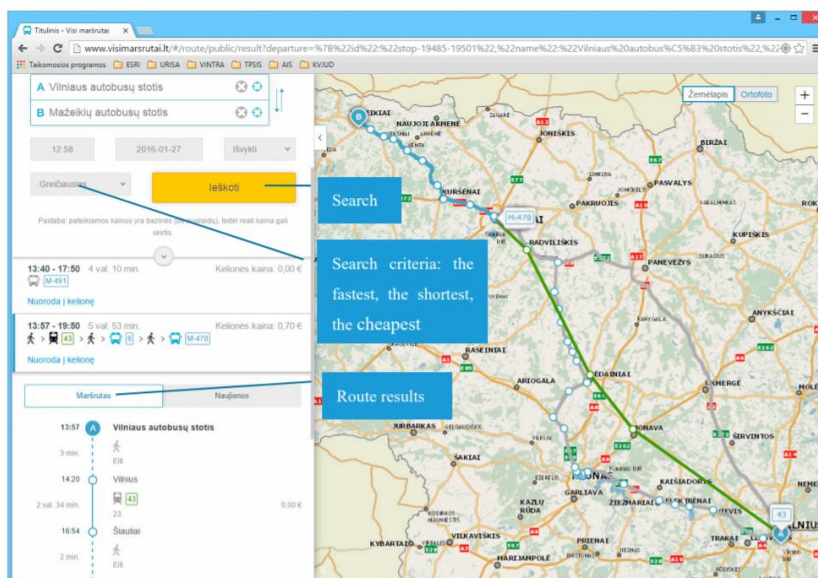


Fig. 1. Interfața sistemului de informații lituanian pentru călători (VINTRA).

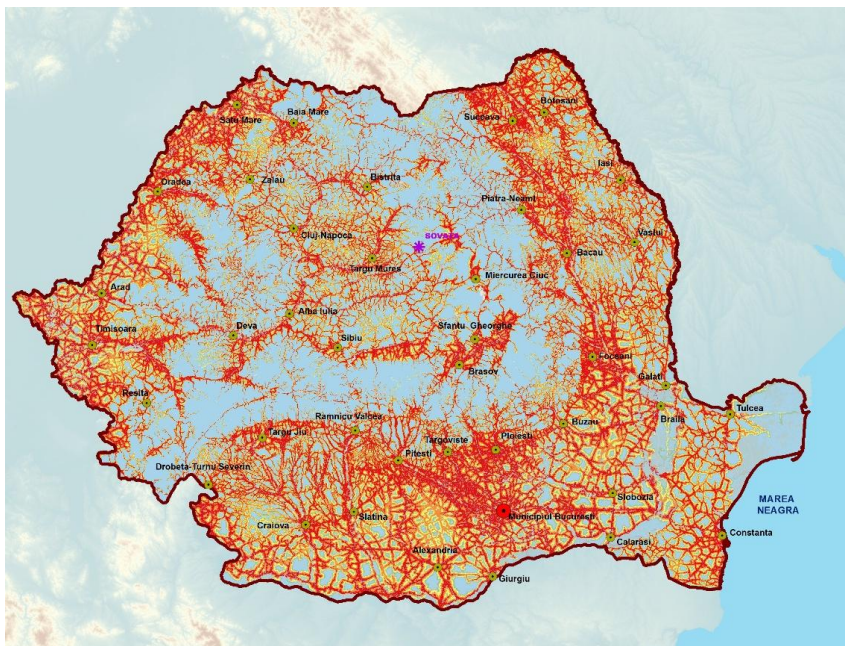


Fig. 2. Rasterul modelului suprafeței de cost (MSC).

Călătorii caută ruta optimă de transport public, iar deciziile lor sunt influențate de atribute personale, răspunsuri la informațiile furnizate și factori situaționali, cum ar fi ora din zi, modul de transport selectat, scopul călătoriei, condițiile de trafic, distanța maximă de mers și maxim numărul de transferuri (Szucs, 2009). Sursele bune de date și instrumentele de analiză sunt cruciale pentru a face alegeri inteligente (Garcia-Martinez, 2018).

Cea de-a doua metodă, modelul suprafeței de cost (MSC) al timpului de deplasare utilizează layere ale datelor spațiale specific domeniului amenajării teritoriului din România. Modelul poate cuprinde un singur punct de plecare sau poate integra toate punctele inițiale de plecare dintr-o zonă lineară (de ex. rețeaua de drumuri, localități). Rezultatul MSC este o hartă tip rastru, în care fiecare valoare a unei celule reprezintă numărul total de secunde necesar deplasării dintr-un punct (sau mai multe puncte) de plecare specificat până la o celulă data (Tache și Petrișor, 2017). Softul utilizat pentru calculul automat al indicatorilor de accesibilitate este un modul specializat al ARCGIS-ului – Spatial Analyst.

Parcurgând toate etapele modelului logic al metodologiei de tip raster, în final obținem rasterul modelului suprafeței de cost (Fig. 2) (MSC), raster pe care îl utilizăm în identificarea costului de deplasare (timpul de deplasare) între orice 2 puncte selectate la nivelul teritoriului studiat (suprafața teritoriului României).

Noutatea lucrării prezentate constă în evaluarea soluțiilor informatice în sistem GIS pentru planificarea călătoriilor în scop turistic, utilizând transportul combinat. În acest scop, în această lucrare am prezentat soluțiile informatice în sistem GIS utilizând modulele specializate pentru calculul costului călătoriilor atât în varianta de tip vector, cât și în varianta de tip raster.

Însă, metodologia de tip vector ce utilizează soluția informatică Network Analyst, formatul de date GTFS și platforma Geospatial Web 2.0 furnizează informații mult mai precise și mult mai flexibile în raport cu soluția de tip raster. Astfel, administratorul de rețea pentru soluția de tip vector poate schimba traiectoria de rute sugerată, adăuga opriri și poate face înregistrări în datele de programare a

timpului (ore de sosire, ore de plecare, excepții de program ale rutelor legate, în special, de sărbători etc.). Dacă la nivelul României, datele privind Mersul Trenurilor există în format XML, datele privind Mersul Autobuzelor sunt foarte răspândite, existând multe surse de date în formate digitale diferite. Soluția finală este combinarea datelor GTFS pentru rețeaua de căi ferate cu datele GTFS pentru rețeaua de autobuze și microbuze publice, astfel încât să putem calcula, conform aplicației ARCGIS, drumul cel mai scurt dintre o destinație inițială și o destinație finală (stațiune turistică de interes național) pe suportul rețelei Network Analyst a rețelei de drumuri și căi ferate din România.

În ceea ce privește metodologia de tip raster, obținerea modelului Rasterul modelului suprafeței de cost (MSC) este o soluție mai facilă, însă trebuie ținut seama de fiecare nod intermodal, pentru a calcula viteza medie atât pe calea ferată, cât și pe calea rutieră către destinațiile turistice. Marele dezavantaj al acestei metode este dificultatea de a ține seama de orele de plecare și orele de sosire atât pe calea ferată, cât și pe calea rutieră și excepțiile de program ale rutelor legate. Acest inconvenient poate fi soluționat printr-o proiectare informatică în limbaj Python care să țină seama de orarele trenurilor și autobuzelor către destinațiile finale (stațiunile turistice). Însă, soluția informatică este complexă și necesită multe testări în condiții de laborator. De aceea, această metodologie este utilă pentru estimarea timpului de deplasare cu ajutorul unui mijloc de transport public și pentru continuarea deplasării cu forțele proprii către destinația finală.

#### 4. Concluzii

Construirea accesului la transportul intermodal și a infrastructurii destinațiilor turistice, precum și legăturile de transport între ele, este crucială pentru dezvoltarea turismului. Astfel, dezvoltarea vehiculelor de

transport, a infrastructurii și utilizarea noilor tehnologii în domeniul transporturilor accelerează dezvoltarea turismului. Transportul intermodal necesită atât modele matematice, cât și metodologii bazate pe inteligență artificială (Baykasoğlu și Subulan, 2016). Un model de programare matematică are ca scop minimizarea costurilor de transport și a factorilor de risc pentru fiecare mod de transport și furnizarea de informații de înaltă calitate.

În urma analizei realizate în cadrul acestei lucrări, Specificația generală de tranzit (GTFS), OpenStreetMap, precum și modulul ArcGIS Network Analyst sunt instrumente moderne prin care comunitatea din domeniul cercetării aplicațiilor de transport calculează și afișează naveta sau călătoria exactă într-o rețea multimodală, utilizând programele reale de tranzit, cât și rețeaua locală sau regională. Pentru a spori eficiența politicilor de transport și a îmbunătăți posibilitățile de transfer, este important să obținem date de transport fiabile care să permită măsurarea traficului de zi cu zi și toți factorii care contribuie (Goliszek, 2017).

În ceea ce privește metodologia privind crearea unui model continuu de suprafață de cost, în format raster cu utilizarea tuturor nodurilor de transport, soluția informatică este foarte utilă pentru transportul combinat dintre călătoriile ce utilizează un mijloc de transport și călătoria perpedes prin propriile forțe, acolo unde mijloacele de transport nu au acces.

Concluzia finală constă în faptul că soluțiile informatice de planificare a călătoriilor utilizând transportul combinat conduce la reducerea timpilor de călătorie în orașe și regiuni fiind un factor esențial din punct de vedere social, economic și de mediu (Givoni și Banister, 2013). De asemenea, reducerea congestiei din trafic, adică scăderea numărului de autovehicule, conduce la o scădere a emisiilor de gaze cu efect de seră (Małeckci *et al.*, 2014).

## Notă

Această lucrare a fost susținută de un grant al Autorității Naționale Române pentru Cercetare Științifică și Inovare CNCS / CCCDI - UEFISCDI, numărul proiectului PN-III-P2-2.1-PED-2019-1216 PNCDI III (298 PED / 2020).

## BIBLIOGRAFIE

Antrim A., Barbeau S. J. (2013), *The many uses of GTFS data—opening the door to transit and multimodal applications*, în: *Proceedings of ITS America's 23rd Annual Meeting & Exposition*, lucrarea nr. 11512.

Baykasoğlu A., Subulan K. (2016), *A multi-objective sustainable load planning model for intermodal transportation networks with a real-life application*, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **95**: 207-247.

Bitkowska A., Tyszkiewicz R. (2016), *Intermodal transport as an integral part of logistics system*, *Production Engineering Archives* **11(2)**: 31-35.

Danilyeva J. (2016), *Transport as a decisive factor in tourism*, teză de doctorat, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Luhansk, Ucraina.

Dijkstra E. W. (1959), *A note on two problems in connexion with graphs*, *Numerische mathematik* **1(1)**: 269-271.

Ezzedine H., Bonte T., Kolski C., Tahon, C. (2008), *Integration of traffic management and traveller information systems: basic principles and case study in intermodal transport system management*, *International Journal of Computers Communications & Control* **3(3)**: 281-294.

Farber S., Morang M. Z., Widener M. J. (2014), *Temporal variability in transit-based accessibility to supermarkets*, *Applied Geography* **53**: 149-159.

Fayyaz S. S. K., Liu X. C., Zhang G. (2017), *An efficient General Transit Feed*

*Specification (GTFS) enabled algorithm for dynamic transit accessibility analysis*, *PLoS one* **12(10)**: e0185333.

Garcia-Martinez A., Cascajo R., Jara-Diaz S. R., Chowdhury S., Monzon A. (2018), *Transfer penalties in multimodal public transport networks*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **114**: 52-66.

Givoni M., Banister D. (2013), *Moving towards low carbon mobility*, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, Marea Britanie.

Goliszek S. (2017), *Space-time variation of accessibility to jobs by public transport—a case study of Szczecin*, *Europa* **21(33)**: 49-66.

Jakimavičius M., Palevičius V., Antuchevičiene J., Karpavičius T. (2019), *Internet GIS-Based Multimodal Public Transport Trip Planning Information System for Travelers in Lithuania*, *ISPRS International Journal of Geo-Information* **8(8)**: 319.

Loidl M., Wallentin G., Cyganski R., Graser A., Scholz J., Haslauer E. (2016), *GIS and transport modelling - Strengthening the spatial perspective*, *ISPRS International Journal of Geo-Information* **5(6)**: 84.

Małeckki K., Iwan S., Kijewska, K. (2014), *Influence of intelligent transportation systems on reduction of the environmental negative impact of urban freight transport based on Szczecin example*, *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **151**: 215-229.

Poelman H., Dijkstra L. (2015), *Measuring access to public transport in European cities*, *Regional and Urban Policy* nr. 17, Comisia Europeană, Bruxelles, Belgia.

Rizzoli A. E., Fornara N., Gambardella L. M. (2002), *A simulation tool for combined rail/road transport in intermodal terminals*, *Mathematics and computers in simulation* **59(1-3)**: 57-71.

Shirgaokar M. (2014), *Employment centers and travel behavior: Exploring the work commute of Mumbai's rapidly motorizing middle class*, *Journal of Transport Geography* **41**: 249-258.

- Szucs G. (2009), *Developing co-operative transport system and route planning*, *Transport* **24(1)**: 21-25.
- Tache A. V. (2019), *Modele de evaluare a accesibilității teritoriale utilizând GIS*, *Revista Școlii Doctorale de Urbanism* **4(1)**: 53-62.
- Tache A. V., Petrișor A.-I. (2017), *GIS-based IT model for assessing territorial accessibility in Romania*, *International Journal of Human Settlements* **1(2)**: 13-23.
- Yamada T., Russ B. F., Castro J., Taniguchi E. (2009), *Designing Multimodal Freight Transport Networks: A Heuristic Approach and Applications*, *Transportation Science* **43(2)**: 129-143.