



**Universitatea  
POLITEHNICA din  
București**

Facultatea TRANSPORTURI

**ȘCOALA DOCTORALĂ TRANSPORTURI**

Domeniul de doctorat  
INGINERIA TRANSPORTURILOR

Nr. Decizie Senat: 1080 din 24.07.2023

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **REZUMAT**

**Metode și tehnici avansate pentru estimarea dinamicilor  
mobilității cotidiene**

Doctorand: ing. Ovidiu-Laurențiu HARPALETE

### **COMISIA DE DOCTORAT**

Președinte	Prof.dr.ing. Mihaela POPA	UPB
Conducător de doctorat	Prof.em.dr.ing. Șerban RAICU	UPB
Referent	Prof.dr.ing. Dorinela COSTESCU	UPB
Referent	Conf.dr. Hermina Mihaela NEGULESCU	UAUIM
Referent	Conf.dr.ing. Valentin ANTON	UTCB

**București  
2023**

# CUPRINS

	Rezumat	Teză
<b>1. INTRODUCERE</b> .....	1.....	1
1.1. Necesitatea și oportunitatea temei.....	1.....	1
1.2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniu.....	3.....	7
<b>2. MOBILITATE. INTERACȚIUNI AMENAJAREA TERITORIULUI/URBANISM – MOBILITATE</b> .....	7.....	18
2.1. Mobilitate. Clarificări conceptuale.....	7.....	18
2.2. Forme ale mobilității.....	7.....	23
2.2.1. Mobilitatea spațială.....	7.....	23
2.2.2. Mobilitatea socială.....	7.....	24
2.2.3. Mobilitatea intelectuală sau profesională.....	7.....	24
2.3. Interacțiuni amenajarea teritoriului/urbanism – mobilitate.....	8.....	25
2.3.1. Motivații.....	8.....	25
2.3.2. Modelele LUTI.....	8.....	28
2.3.2.1. Destinație. Structură.....	8.....	28
2.3.2.2. Tipuri de modele.....	9.....	32
2.3.2.2.1. Modele LUTI de tip logit multinomial și logit imbricat.....	9.....	32
2.3.2.2.2. Modele LUTI bazate pe activități.....	10.....	33
2.3.2.2.3. Modele LUTI bazate pe agenți.....	10.....	35
2.3.2.2.4. Modele LUTI bazate pe rețele neuronale.....	10.....	38
2.3.2.3. Dificultăți în aplicare.....	40.....	40
<b>3. ESTIMAREA NEVOII DE MOBILITATE</b> .....	11.....	45
3.1. Scenarii pentru evoluția mobilității pe termen mediu și lung.....	11.....	45
3.1.1. Clasificarea scenariilor.....	46.....	46
3.1.2. Trei scenarii pentru transportul digital.....	55.....	55
3.1.3. Scenarii în condiții de incertitudine.....	57.....	57
3.2. Anchete de deplasare pentru estimarea mobilității urbane.....	12.....	60
3.2.1. Anchete la domiciliu.....	12.....	60
3.2.1.1. Evoluție și obiective.....	12.....	60

3.2.1.2. Proiectarea anchetei .....	63
3.2.1.2.1. Chestionarul .....	63
3.2.1.2.1.1. Conținut.....	63
3.2.1.2.1.2. Formularea întrebărilor .....	64
3.2.1.2.2. Eșantionarea .....	67
3.2.1.2.2.1. Principii.....	67
3.2.1.2.2.3. Mărimea eșantionului.....	68
3.2.2. Metode și tehnici experimentale .....	12.....71
3.2.3. Sisteme evaluate de colectare a datelor .....	13.....73
3.2.3.1 Estimarea deplasărilor pe baza tehnologiei GPS .....	13.....73
3.2.3.1.1. GPS – Concepție și funcțiuni .....	73
3.2.3.1.2. Utilizarea sistemelor GPS în anchete de deplasare .....	13.....77
3.2.3.1.3. Anchete bazate pe dispozitive GPS dedicate .....	14.....79
3.2.3.1.4. Aplicații GPS pentru telefoanele mobile.....	15.....82
3.2.3.1.5. Anchete GPS bazate pe vehicule și tehnologia blockchain.....	16.....86
3.2.3.1.6. Examinări comparative ale anchetelor de călătorie bazate pe GPS .....	92
3.2.3.1.6.1. Ancheta din Cincinnati.....	92
3.2.3.1.6.2. Ancheta națională de deplasări a Marii Britanii.....	93
3.2.3.1.6.3 Ancheta națională de deplasări a Franței.....	96
3.2.3.1.6.4 Ancheta Mobile Millenium .....	96
3.2.3.1.6.5 Ancheta MIT – Future Mobility Survey .....	97
3.2.3.1.6.6. Lecții învățate.....	102
3.2.3.2. Alte echipamente și tehnologii integrate în estimarea deplasărilor.....	17.....104
3.2.3.2.1. Semnalele WiFi.....	104
3.2.3.2.2 Semnalele GSM/GPRS .....	105
3.2.3.2.3. Senzorii inerțiali.....	107
3.2.3.2.3.1. Accelerometrele .....	108
3.2.3.2.3.1.1. Destinații .....	108
3.2.3.2.3.1.2. Integrarea în colectarea datelor .....	109
3.2.3.2.3.2. Alte tipuri de senzori inerțiali .....	114
<b>4. SOLUȚII PENTRU PROMOVAREA MOBILITĂȚII DURABILE.....</b>	<b>18.....117</b>
4.1. Transport public și deplasări individuale cu vehicule ușoare și necarosate .....	18.....117

4.1.1. Mobilitatea-ca-Serviciu vs. Mobilitatea-la-Cerere .....	18.....	120
4.1.2. Expansiunea utilizării trotinetelor electrice .....	19.....	120
4.1.3. Principalele probleme întâmpinate în folosirea trotinetelor electrice .....	19.....	123
4.2. Transport intermodal (deplasări înlănțuite).....	19.....	124
4.3. Modelarea alegerii discrete .....	20.....	126
4.3.1. Noțiuni generale.....	20.....	126
4.3.2. Utilitatea călătoriei.....		130
4.4. Studiu de caz. Estimarea cererii de deplasare pentru un model de deplasare/transport intermodal, incluzând trotinetele electrice în Iași .....	21.....	131
4.4.1. Aria de studiu și statistici descriptive .....	21.....	131
4.4.1.1. Date demografice pentru orașul Iași .....	21.....	131
4.4.1.2. Evoluția sistemului de transport în comun în Iași.....	22.....	133
4.4.2. Determinarea indicatorilor de accesibilitate ai orașului Iași.....	23.....	138
4.4.2.1 Diversi indicatori de mobilitate ai orașului Iași .....		139
4.4.2.2 Examinarea accesibilității locuitorilor la punctele de interes ale orașului prin intermediul izocronelor (QGIS) .....	23.....	142
4.4.2.3 Examinarea accesibilității locuitorilor la serviciile de mobilitate.....	28.....	154
4.4.3. Ancheta de deplasare desfășurată în Iași .....	28.....	155
4.4.4. Maximizarea utilității transportului intermodal.....	30.....	161
4.4.4.1. Estimarea modelului Logit Multinomial.....	30.....	161
4.4.4.2. Parametrarea modelului MNL pentru orașul Iași.....	30.....	162
4.4.4.3. Rezultatele modelului MNL aplicat în Matlab.....	32.....	165
4.4.5. Politici de transport și reducerea gradului de poluare.....	35.....	170
4.4.5.1. Analiză de senzitivitate tarifară.....	35.....	173
4.4.5.2. Disponibilitatea de plată (Willingness-to-Pay) pentru trotinetele electrice .	36.....	174
4.4.5.3 Analiză de impact asupra mediului a trotinetelor electrice .....	37.....	182
<b>5. CONSIDERAȚII FINALE.....</b>	<b>40.....</b>	<b>187</b>
5.1 Concluzii .....	40.....	187
5.2. Contribuții originale.....	41.....	189
5.3. Direcții de continuare a cercetării .....	42.....	192
<b>BIBLIOGRAFIE (Selecție) .....</b>	<b>43.....</b>	<b>194</b>

## 1. INTRODUCERE

### *1.1. Necesitatea și oportunitatea temei*

În lumea modernă caracterizată de globalizare, atât structurile spațiale, cât și cele organizaționale și-au extins semnificativ raza lor geografică. Astăzi, cvasitotalitatea aglomerațiilor urbane prezintă aceleași probleme de mobilitate:

- dilatarea orașelor (extinderea periferiilor) generează distanțe mai mari de parcurs pentru locuitori;
- creșterea indicelui de motorizare la nivel de gospodărie, în special în țările în dezvoltare;
- diversificarea stilului de viață, fapt ce contribuie la congestie (Raicu și Costescu, 2014).

Perceput de unii ca simbol al libertății individuale, folosirea autoturismului deschide numeroase polemici referitoare la îndepărtarea de valorile colective, cu consecințe nefaste în plan social și psihologic (Raicu și Costescu, 2020). Această dependență dăunează economiei, mediului înconjurător și sănătății populației, prin generarea congestiei traficului. Conform literaturii de specialitate, previziunile pe termen mediu și lung legate de mobilitate și trafic sunt îngrijorătoare. Se estimează că până în 2050 populația urbană a lumii va crește cu 2,5 miliarde de oameni, iar numărul total de kilometri parcurși în mediul urban se preconizează să se tripleze până în 2050. Autoritățile publice au la dispoziție o serie întreagă de măsuri limitative pentru utilizarea autoturismului, dar nu întotdeauna acestea sunt puse în practică. Printre acestea se pot menționa:

- substituirea nevoii de deplasare prin telemuncă;
- acțiuni de promovare a ecomobilității;
- tarifare penalizantă pentru autoturismele care circulă în zonele aglomerate;
- îmbunătățirea oferte de transport public (Raicu și Costescu, 2020).

Printre tehnicile recomandate de susținere a mobilității urbane durabile se numără promovarea mersului pe jos sau cu bicicleta, dar și folosirea transportului în comun, în detrimentul autoturismului personal (Dragu et al., 2014). În contextul supraaglomerării spațiului urban, dar și a pandemiei COVID-19 ce a marcat întreaga planetă, tendințele de deplasare migrează către noi practici de mobilitate. Evoluția așteptărilor călătorilor către individualizare și durabilitate necesită

extinderea portofoliului de servicii de mobilitate, precum și transformarea modelului de afaceri (Van Audenhove et al, 2014). Normele sociale și psihologice ale oamenilor îi determină să optimizeze durata deplasării, ci nu distanța parcursă, iar o soluție pentru această problemă se regăsește în combinarea serviciilor de transport cu deplasările în calitate de prosumatori. Printre noile practici de mobilitate promovate la scară largă de autorități fac parte și deplasările nemotorizate, cu scopul de a reduce emisiile de noxe și de a îmbunătăți calitatea aerului și a vieții, dar și de reducere a gradului de congestie în trafic, dacă ne referim la serviciile de deplasare încadrate în “micromobilitate”. Conceptul relativ nou de Mobilitate-ca-Serviciu, precum și transportul public urban și mobilitatea partajată, toate au scopul de a atenua impactul cererii de deplasare și promit o paradigmă de mobilitate mai eficientă și mai centrată pe utilizator (Crist, 2021).

Dezvoltarea de modelări multimodale și intermodale se finalizează prin concluzii mult mai generale și mai relevante. Majorității studiilor din literatură le lipsesc scenariile bazate pe modurile de deplasare combinate, și ale căror utilități ale modurilor sunt calculate și comparate ca alternative, ceea ce nu corespunde, de fapt, cu comportamentul de alegere intermodală (Liu et al, 2019).

Totuși, recenta pandemie COVID-19 a întărit ideea că previziunea transporturilor nu poate fi făcută cu siguranță 100% și că anumite evenimente pot afecta serios, chiar dacă temporar, orarele de funcționare, sau mai general vorbind, cererea de deplasare. Este așteptat un „nou normal” pentru sectorul transporturilor. Unul dintre obiectivele studiului este de a evidenția implicațiile politicilor de transport pentru dezvoltarea metropolelor, ca strategie de reziliență și atenuare a viitoarelor focare de pandemie și a altor perturbări și de a modela sisteme de transport mai durabile. Experții au raportat că, pentru toate țările/regiunile, măsurile privind sistemele de transport pentru amenințări la adresa sănătății publice înainte de pandemia COVID-19 au fost foarte precare. Creatorii de politici ar trebui să ia în serios aceste măsuri și impactul provocat de noi posibile pandemii.

Potrivit literaturii de specialitate, în cele mai mari orașe sunt disponibile tot felul de moduri de transport (metrou, autobuze, tramvaie, troleibuze), iar utilizarea mijloacelor de transport în comun o depășește pe cea a autoturismelor. Nu este cazul, însă, pentru orașele medii, unde tipurile convenționale de transport public nu sunt atât de variate. Iar cum transformarea cererii “ex-ante” în cerere „ex-post” este condiționată de amenajările tehnice din teritoriu (Raicu și Costescu, 2014),

zona urbană intră într-un cerc vicios de declin urban, cu numărul de autoturisme în continuă creștere și generând și mai multă congestie și poluare (Polydoropoulou et al, 2019). Autoturismul electric este un bun început în reducerea emisiilor de carbon, dar un vehicul ocupat de o singură persoană, care cântărește de mai multe ori greutatea pasagerului, care trebuie reîncărcat des și totuși să nu rezolve problema congestiei, nu este suficient de durabil (Tuncer și Brown, 2020).

Orașele, chiar și cele medii și mici, sunt copleșite de trafic și aglomerație. Sunt necesare soluții inovatoare, iar studiile recente s-au concentrat pe abordări durabile. Din aceste considerente a apărut oportunitatea acestei lucrări, al cărei studiu de caz își propune să dezvolte un model de deplasare/transport intermodal constând dintr-un serviciu de transport public urban (TPU) combinat cu un serviciu de sharing a trotinetelor electrice. Scopul principal al modelului este compararea între două alternative de deplasare (autoturism și TPU+trotinetă electrică), calculând nivelurile de utilitate asociate acestora. Metodologia se bazează pe un model Logit Multinomial, implementat în software-ul Matlab, folosind rezultatele unei anchete de mobilitate online (pentru extragerea caracteristicilor socio-economice ale potențialilor utilizatori de trotinete electrice). Scopul adițional este legat de evaluarea disponibilității locuitorilor de a trece de la autoturism (fie personal sau de serviciu) la o deplasare intermodală sau la serviciul simplu de trotinetă electrică. Micromodelul dezvoltat este realizat într-un oraș mediu situat în Nord-Estul României, orașul Iași. Au fost analizate mai multe strategii de preț pentru a găsi influența acestora asupra comportamentului de mobilitate al utilizatorilor. S-a dovedit că prețul închirierii unei trotinete electrice este prea mare în acest moment pentru a fi folosit pentru deplasările zilnice. Fără o scădere a prețurilor și implicarea autorităților publice în facilitarea intermodalității, trotineta electrică rămâne doar o activitate de divertisment (Harpalet, 2003).

## ***1.2. Stadiul actual al cercetărilor în domeniu***

Stadiul cercetărilor în domeniu este prezentat în corelație cu conceptele utilizate în cadrul tezei. Sunt expuse lucrări relevante și recente asupra unor tematici, precum: mobilitatea și accesibilitatea urbană, anchete de deplasare, micromobilitate, trotinete electrice, deplasări intermodale, politici de deplasare/transport. Acestea sunt grupate și expuse în tabelul 1.1.

Tab. 1.1. Principalele referințe bibliografice studiate, grupate pe tematici

Grupa tematică	Referințe bibliografice
1. Mobilitate și accesibilitate urbană	Bonnell, 2001; Ceder, 2001; Raicu și Popa, 2009; Ortuzar și Willumsen, 2011; Parvathy et al., 2013; Aditjandra et al., 2013; Van Audenhove et al., 2014; Nykl et al., 2015; Saghapour et al., 2016; Danielis et al., 2018; Nian et al., 2020; Raicu și Costescu, 2020; Abbasi și Rashidi, 2021; Cao et al., 2023
2. Modele integrate amenajarea teritoriului/transport (LUTI)	Rodrigue, 1997; Wegener, 2004; Iacono et al., 2007; Raicu și Popa, 2009; Aditjandra et al., 2013; Acheampong și Silva, 2014; Brandi et al., 2014; Renner et al., 2014; Wang et al., 2014; Johansen et al., 2015; Guzman et al., 2016; Saujot et al., 2016; Tillema, 2016; Niu și Li, 2019; Basu și Ferreira, 2020
3. Anchete de deplasare	Stopher și Greaves, 2006; Choujaa și Dulay, 2009; Ferrer și Ruiz, 2014; Mokhtarian et al., 2014; Cottrill et al., 2015; Kagerbauer et al., 2015; Armoogum et al., 2018; Capponi et al., 2019; Sanders et al., 2020; Song et al., 2020
4. Transport intermodal	Krygsman, 2004; Clifton și Muhs, 2012; Kagerbauer et al., 2015; Feltus et al., 2019; Liu et al., 2019; Naumov, 2019; Bakogiannis et al., 2020; Jie et al., 2021; Shokouhyar et al., 2021; Kilani et al., 2022; Ma et al., 2022; Reck et al., 2022; Hamadneh și Jaber, 2023
5. Micromobilitate – trotinete electrice	Bajpai, 2016; James et al., 2019; Fearnley et al., 2020; Sanders et al., 2020; Tuncer și Brown, 2020; Christoforou et al., 2021; Mitra și Hess, 2021; Esztergar-Kiss et al., 2022; Choi et al., 2022; Harpalete, 2023
6. Politici de deplasare/transport	Banister, 1998; May et al., 2003; Lopez-Ruiz și Crozet, 2010; Poli, 2011; Banister și Hickman, 2013; Bertolin et al., 2019; Aifadopoulou et al., 2020; Stephen și Townsend, 2020; Zhang et al., 2021; Axhausen, 2021; Awad-Núñez et al., 2021; Choi et al., 2022; Kilani et al., 2022



O serie de lucrări își propun determinarea relațiilor dintre mobilitatea urbană și factorii de influență ai acesteia. Ceder (2021) a oferit perspective de viitor despre transportul public urban, justificând schimbările considerabile în stilul de viață al oamenilor. Danielis et al. (2018) au aplicat mai multe tehnici pentru a estima un indicator compozit de mobilitate urbană pentru 116 orașe provinciale din Italia. Abbasi și Rashidi (2021) au examinat factorii care afectează mobilitatea urbană, cum ar fi atributele călătoriei și trăsăturile socio-demografice, în zona metropolitană Melbourne. Cao et al. (2023) au folosit legi de scalare pentru evaluarea logicii interne de creștere a unui oraș și în special pentru determinarea legăturii dintre indicatorii urbani și creșterea populației. Nian et al. (2020) au descris un model de evaluare a mobilității urbane bazat pe circulația taxiurilor în oraș. Nykl et al. (2015) au dezvoltat o metodă de analiză a accesibilității în deplasările intermodale urbane bazată pe o reprezentare completă și detaliată a sistemului de transport. Saghapour et al. (2016) au lucrat la un studiu privind accesibilitatea transportului public care a luat în considerare frecvența serviciului de transport public, dar au luat în considerare și densitatea populației ca un indicator distribuțional important. Un alt studiu bazat pe un sistem de indexare a fost cel realizat de Parvathy et al. (2013) pentru zona urbană Thiruvananthapuram, India.

Anchetele de deplasare reprezintă instrumente esențiale în studiile de mobilitate, oferind informații valoroase despre obiceiurile de călătorie ale populației și despre modul în care se deplasează între diferite locații. Sanders et al. (2020) au realizat o anchetă de deplasare cu trotinete electrice în Tempe, Arizona, unde au împărțit respondenții pe grupe, în funcție de frecvența călătoriilor, pentru a examina relevanța experienței. Choujaa și Dulay (2009) au furnizat o lucrare despre recunoașterea activităților umane bazată pe datele din telefoanele mobile. Un studiu bazat pe măsurarea entropiei mișcării utilizatorilor de telefoane mobile indică faptul că predictibilitatea comportamentului de transport poate atinge 93% în medie (Song et al., 2020).

În cercetările de mobilitate urbană, studiul transportului intermodal este un subiect indispensabil, ce presupune o abordare complexă și esențială pentru înțelegerea și îmbunătățirea sistemelor de transport din mediul urban. Naumov (2019) a dezvoltat un model care estimează caracteristicile cererii de transferuri în rețelele de transport public. Kagerbauer et al. (2015) au arătat că 22% din deplasări au fost efectuate cu mai multe moduri de deplasare, dar și că mersul pe jos și cu bicicleta sunt subreprezentate în ponderea modurilor. Bakogiannis et al. (2020) au scris despre cooperarea dintre transportul public și bicicletele închiriate din Atena, ca o soluție pentru

ca locuitorii din suburbii să fie mai motivați să folosească modurile publice mai des, devenind mai puțin dependenți de autoturism. Hamadneh și Jaber (2023) au studiat comportamentul alegerii transportului în Budapesta, Ungaria, folosind tehnica arborelui de decizie și modelarea alegerii discrete. Jie et al. (2021) au studiat impactul actual și potențial al diferitelor forme de mobilitate partajată, concentrându-se pe comitatul Wanneroo din Australia de Vest. Ma et al. (2022) au imaginat un model de călătorie intermodal, conectând metroul cu trotinete electrice partajate. Reck et al. (2022) au contribuit prin colectarea unui set mare de date cu trasee GPS potrivite, date de rezervare și date de sondaj pentru peste 500 de călători și au estimat un model de primă alegere între opt moduri de deplasare, inclusiv trotinete electrice.

Esztergar-Kiss et al. (2022) au efectuat un sondaj de preferințe declarate pentru a dezvălui utilitatea utilizatorilor pentru utilizarea trotinetelor electrice în cinci orașe mari (Copenhaga, Munchen, Barcelona, Tel Aviv, Stockholm) și a aplicat 3 tipuri de model Logit (Multinomial, Mixt și Imbricat) pentru a extrage coeficienții.

Înainte de 2010, existau patru cercetări despre taxe și transport ecologic, construirea scenariilor pentru transport durabil, schimbări climatice și transportul cu hidrogen. Din 2016 până în 2020, studiile de transport care utilizează anchete expert au crescut la 28 de lucrări, inclusiv subiecte de mobilitate durabilă, mobilitate autonomă și electrică, transport inteligent, energie și emisii de CO<sub>2</sub>, mobilitate pentru persoane cu dizabilități, autobuz școlar, transportul public, intermodalitatea și comportamentul de călătorie etc. Numărul de lucrări în perioada 2016-2020 este de peste trei ori mai mare decât în perioada 2010-2015 (Zhang et al, 2021).

## **2. MOBILITATE. INTERACȚIUNI AMENAJAREA TERITORIULUI/URBANISM – MOBILITATE**

### ***2.1. Mobilitate. Clarificări conceptuale***

Un oraș fără mobilitate nu este un oraș, ci un teritoriu fără rețele ca un câmp de puncte neclare și oarbe (Raicu și Costescu, 2020). Mobilitatea populației este suma mobilităților individuale și se definește ca nevoie de deplasare în diferite scopuri. Aceasta este structurată relativ stabil în timp, bazându-se pe corelațiile directe și inverse dintre sistemul de activități și sistemul de transport (Wegener, 2004).

Mobilitatea urbană joacă un rol cheie în dezvoltarea și adaptarea orașelor pentru a face față unei creșteri atât de rapide a congestiei și urbanizării. Soluțiile de dezvoltare durabilă sunt din ce în ce mai solicitate în orașe pentru a facilita o experiență urbană mai bună. Orașele se confruntă din ce în ce mai mult cu probleme cauzate de trafic și transport, cu nevoi de mobilitate pentru a reduce aglomerația, accidentele și poluarea (Vaidian, 2019). Avansurile tehnologice joacă, de asemenea, un rol semnificativ în îmbunătățirea mobilității urbane. Vehiculele electrice, autoturismele autonome și serviciile de ridesharing pot aduce transformări majore în modul în care oamenii călătoresc în orașe, reducând impactul asupra mediului.

### ***2.2 Forme ale mobilității***

#### ***2.2.1. Mobilitatea spațială***

Există patru forme de mobilitate spațială și pot fi definite în felul următor:

- mobilitatea sedentară,
- mobilitate cosmopolitană, a omului de afaceri;
- mobilitatea reversibilă, specifică turistului;
- mobilitatea de reimplantare, corespunzătoare migrantului.

#### ***2.2.2. Mobilitatea socială***

#### ***2.2.3. Mobilitatea intelectuală sau profesională***

## ***2.3. Interacțiuni amenajarea teritoriului/urbanism – mobilitate***

### 2.3.1. Motivații

Structura unui oraș influențează în mod evident comportamentul de mobilitate, iar localizarea activităților este unul dintre factorii principali ce determină călătoriile populației. Pe de altă parte, sistemul de transport joacă un rol foarte important în accesarea acestor activități: oferta de transport influențează alegerile locațiilor de transport, mișcând economia orașului, structura așezărilor urbane și, în consecință, mediul social. Așadar, este clar că utilizarea terenului și sistemul de transport sunt conectate strâns și că există o nevoie crescândă de a fi integrate cu scopul de a obține un mediu sustenabil (Brandt et al., 2014).

Planificarea coordonată a utilizării terenurilor și a transportului a fost o strategie importantă pentru reducerea cererii de deplasare și a dependenței de autoturisme de-a lungul deceniilor. Aceasta a avut ca obiectiv condiții de viață mai bune, îmbunătățirea mediului urban, mai puțină aglomerație a traficului, accesibilitate mai bună pentru toată lumea și reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră (Johansen et al., 2015). Factorul de mediere în determinarea schimbărilor în locația activităților și în cererea de deplasare este accesibilitatea, care măsoară situația unei locații în raport cu alte activități sau oportunități (muncă, cumpărături etc.) distribuite în spațiu (Iacono et al., 2007).

### 2.3.2. Modelele LUTI

#### *2.3.2.1. Destinație. Structură*

În ultimele șase decenii, mai multe modele LUTI au fost dezvoltate, calibrate și aplicate în analiza politicilor la diferite niveluri spațiale. Majoritatea modelelor operaționale LUTI au trei componente principale sau sub-modele, și anume utilizarea terenului, socio-demografice și de transport. Aceste sub-modele sunt fie complet integrate, fie slab cuplate unele cu altele pentru a oferi legături de intrare-ieșire în timpul executării modelului (Acheampong and Silva, 2014).

Planificarea utilizării terenului este în mare măsură cheia controlului cererii de transport, cât și a impactul acesteia asupra mediului. Deși inter-relația dintre utilizarea terenului și transport este complexă, este bine stabilită. O interacțiune inerentă sau un proces de feedback are loc între utilizarea terenului și transport, unde unul îl influențează și depinde de celălalt. Multe lucrări se

referă la această interacțiune ca ciclul de feedback utilizare teren – transport, ilustrat în figura 2.7 (Heyns și Jaarsveld, 2017).

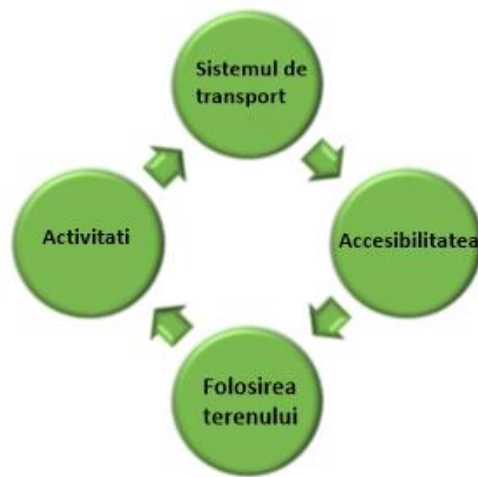


Fig. 2.7 Ciclul de feedback utilizare teren – transport (sursa: Heyns și Jaarsveld, 2017)

Începând de la sfârșitul ciclului (Folosirea terenului), locațiile domiciliilor și locurilor de muncă ale populației determină originile și destinațiile majorității călătoriilor în modele de călătorie (Activitățile). Modelarea sistemului de transport permite calcularea accesibilităților, care descriu cât de accesibilă este o zonă pentru toate celelalte zone. Accesibilitatea modelează utilizarea terenului, deoarece și gospodăriile și întreprinderile caută locații accesibile (Heyns and Jaarsveld, 2017).

#### 2.3.2.2. Tipuri de modele

##### 2.3.2.2.1. Modele LUTI de tip logit multinomial și logit imbricat

Modelul logit imbricat este un model logit comun dezvoltat sub forma unui model imbricat și își propune să examineze două lucruri:

- 1) În ce măsură alegerea modului de deplasare și a locației rezidențiale au un efect de cauzalitate reciproc;
- 2) În ce măsură alegerea modului de călătorie și a locației rezidențiale a introdus efectul auto-selecției. Modelul este simplu, adică folosind modelul de bază al modelului logit comun și atașat la structura imbricată. Logit-ul comun este o tehnică în care analistul are un set de alegeri multidimensional cu atribute observate partajate.

#### 2.3.2.2.2. Modele LUTI bazate pe activități

Acest model de planificare LUTI care poate fi adoptat ca un instrument eficient al sistemului de sprijinire a deciziilor de către administrațiile de planificare urbană și capabil să promoveze utilizarea transportului public în zonele urbane. Ideea este relocarea unui subset de activități din zonele urbane cu atractivitate puternică, dar slab conectate la sistemul de mijloace de transport ale orașului, către zonele urbane apropiate de legăturile existente de transport în comun cu capacitate reziduală disponibilă. Scopul este de a muta, odată cu relocarea, o parte suficientă a călătoriilor de la transportul privat la transportul public, și mai precis la sistemul de transport în comun (Niu și Li, 2019).

#### 2.3.2.2.3. Modele LUTI bazate pe agenți

Obiectul modelat cu modelele LUTI este sistemul urban. Mediul natural, reglementările legale și infrastructura sunt scena pe care actorii economici (persoane) sau grupuri de actori (gospodării, firme) își desfășoară activitățile. Mediul natural cuprinde toate elementele care ar exista și fără ființe umane. Este baza activităților umane și în sine un subsistem extrem de complex. Modelele LUTI bazate pe agenți se împart în două categorii. La nivel de agenți individuali vorbim despre sisteme multi-agent sau modele dezagregate/de microsimulare, iar la nivel de agenți reprezentativi avem modelele agregate.

#### 2.3.2.2.4. Modele LUTI bazate pe rețele neuronale

O abordare bazată pe date se concentrează mai mult pe crearea de relații, utilizând mai curând seturi de date empirice decât cadre teoretice solide. Rodrigue (1997) afirmă că structura urbană și evoluția sa nu trebuie considerată ca fiind dată, ci ca rezultat al unor interacțiuni complexe. Sunt tocmai acele aspecte la care cele mai multe dintre modelele operaționale de transport LUTI sunt deficitare. Lipsa teoriei împiedică modelele să devină standard. Rodrigue introduce posibilitatea creării unui model spațial autoadaptabil. Un exemplu de tehnici autoadaptabile bazate pe date sunt rețelele neuronale artificiale.

### 3. ESTIMAREA NEVOII DE MOBILITATE

#### 3.1. Scenarii pentru evoluția mobilității pe termen mediu și lung

Oamenii speculează viitorul, dar acesta este din ce în ce mai puțin sigur și mai greu de prevăzut, acesta fiind influențat de o gamă din ce în ce mai largă de factori, unii ce pot avea un impact destul de mare asupra stilului de viață. Metoda clasică de estimare presupune folosirea informațiilor din trecut și extrapolarea lor în viitor. Problema acestei abordări este că funcționează pe termen scurt, dar pe un orizont mai mare de timp nu este suficient, având în vedere problemele legate de mobilitate, schimbările climatice sau costul de transport (Banister și Hickman, 2013).

Pot fi identificate trei tipuri de scenarii de bază, dar în multe aplicații sunt utilizate abordări diferite care combină elemente din fiecare tip, astfel încât procesul să fie personalizat pentru situația particulară investigată. Această flexibilitate în abordare este caracteristică construcției scenariilor (Banister și Hickman, 2013; Raicu și Costescu, 2020):

- scenarii de prognoză (forecasting);
- scenarii exploratorii;
- scenarii de prospectare sau retro-prognoză (backcasting).

Toate scenariile pentru prospectarea viitorului mobilității urbane pe termen mediu și lung au obiective identice: mobilitate durabilă și calitatea vieții în aglomerările urbane. Trebuie luate în considerare două linii de demarcație în evoluția mobilității urbane. Una este despre alegeri comportamentale colective, iar cealaltă despre politica publică. Combinarea celor două alternative disjuncte ale celor două linii de demarcare are ca rezultat patru scenarii sintetice ale politicilor de mobilitate urbană:

**Scenariul 1:** „Voluntarismul tehnologic” (Homo Technicus)

**Scenariul 2:** „Conștientizarea costurilor” (Homo Oeconomicus)

**Scenariul 3:** „Controlul mobilității prin tranzacții individuale” (Homo Contractor)

**Scenariul 4:** „Controlul mobilității printr-o tranzacție urbană colectivă” (Homo Politicus).

## ***3.2. Anchete de deplasare pentru estimarea mobilității urbane***

### 3.2.1. Anchete la domiciliu

#### 3.2.1.1. Evoluție și obiective

Primele anchete la domiciliu asupra mobilității, limitate la unele zone urbane, au fost realizate în Statele Unite începând cu anii '50. Anchetele locale s-au multiplicat cam peste tot în anii '60. În paralel, recensăminte naționale au început să culeagă informații despre « navete ». Apoi anchete naționale de comportament (fără reprezentări de origini și destinații) au fost realizate. Aceste anchete la domiciliu despre mobilitate aduc informații asupra trei niveluri statistice: gospodărie, individ și deplasări.

Ancheta de deplasare urbană are două obiective principale. Unul este de a găsi surse de date din perspectiva planificării călătoriei, iar celălalt este de a analiza și studia factorii explicativi ai comportamentului de călătorie. Scopul principal al planificării călătoriei este asigurarea diferitelor funcții ale spațiului în condiții economice și sociale optime, cu rezerva de anticipare și reflectare, care conduc la diverse domenii:

- proiectarea schemelor de transport, fie că este o abordare modală sau mult mai actuală, cea intermodală;
- gestionarea infrastructurilor rutiere sau companiilor de transport public;
- reglementarea cererii de deplasare atât pe termen scurt (sau chiar în timp real), cât și pe termen lung;
- tarifarea călătoriilor urbane (pentru toate modurile de deplasare);
- organizarea și gestionarea legăturilor între modurile de deplasare;
- reflecție asupra interacțiunilor dintre amenajările urbane și călătorii (Rodrigue, 2020).

### 3.2.2. Metode și tehnici experimentale

Tehnica și tehnologia s-au transformat drastic în secolul 21. Noi mijloace și proceduri pentru colectarea datelor pentru evaluarea călătoriilor s-au dezvoltat, cum ar fi noile surse de date din dispozitivele mobile (inclusiv smartphone-uri și tablete), senzori la bordul vehiculelor, tehnologii GPS avansate, dar și alte tehnologii de informații și comunicare (figura 3.4).



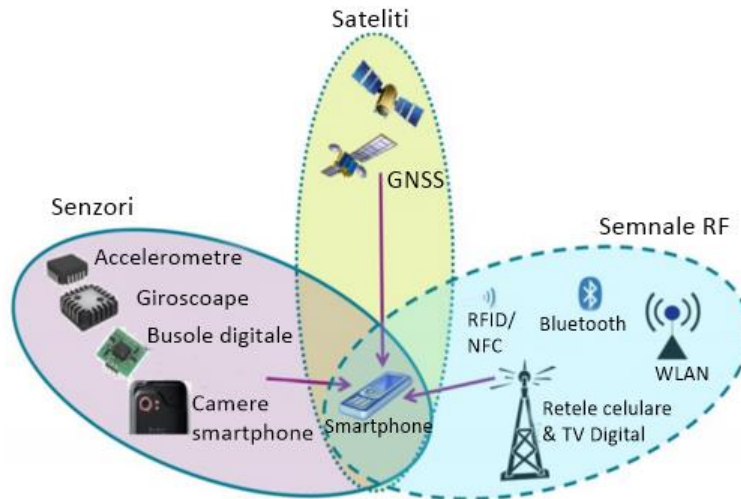


Fig. 3.4 Sisteme și tehnici de colectare de date din telefoanele mobile (sursa: (Huntzinger and Donnelly, 2014).

Aplicând datele din telefoanele mobile, cercetătorii pot simula generarea deplasărilor și distribuția într-un mod diferit. Cu alte cuvinte, matricea OD (origini-destinații) poate fi derivată din datele obținute de la telefoanele mobile, urmând ca rezultatele simulate să fie validate prin comparație cu alte seturi de date, precum numerele de trafic observat extrase din înregistrările video din trafic. Mai mult decât atât, câteva studii au fost realizate pentru modelarea ultimilor doi pași din modelul clasic cu date din telefoanele mobile, și anume repartiția modală și afectarea pe itinerarii (Huntzinger and Donnelly, 2014).

### 3.2.3. Sisteme evaluate de colectare a datelor

#### 3.2.3.1 Estimarea cererii de deplasare pe baza tehnologiei GPS

##### 3.2.3.1.2. Utilizarea sistemelor GPS în anchete de deplasare

Folosirea GPS-ului a fost examinată în mai multe proiecte pilot la scară mică până la momentul actual. În mod evident, una dintre căile promițătoare pentru cercetarea în domeniul anchetelor este cea a sondajului GPS. Acesta a început cu experimentul de probă a conceptului condus de Departamentul de Transport al SUA din Lexington, Kentucky în 1996 (Wagner, 1997). De atunci, a evoluat semnificativ (Wolf, 2004 ; Stopher și Greaves, 2006) și a existat un număr considerabil de sondaje efectuate în SUA, Olanda și Australia, cel puțin, folosind dispozitive GPS

pentru înregistrarea deplasărilor indivizilor. Un rezumat excelent al acestor abordări poate fi găsit în Wolf (2004).

Avantajele anchetelor bazate pe GPS sunt evidente. Dispozitivele oferă o poziție foarte precisă a punctelor de început și de terminare a deplasării și oferă, de asemenea, date detaliate despre ruta folosită (date care până acum nu au putut fi colectate). Abilitatea de a identifica originea și destinația reală a deplasării poate face posibilă abandonarea utilizării zonei de analiză a traficului ca bază pentru analiza călătoriilor urbane și de a trece, în schimb, la reprezentarea continuă a spațiului în modelele noastre de călătorie. Dispozitivele oferă, de asemenea, informații extrem de precise cu privire la timpul în care a avut loc deplasarea și durata acesteia.

Una dintre problemele majore ale dispozitivele GPS este pierderea semnalului sau degradarea gravă a semnalului în diferite circumstanțe, inclusiv tuneluri, pasaje urbane, copertine din copaci masivi, în anumite tipuri de vehicule, precum și pierderea informațiilor din cauza întârzierilor de detectare a poziției la începutul unei călătorii.

### 3.2.3.1.3. Anchete bazate pe dispozitive GPS dedicate

Atunci când vorbim de o anchetă de deplasare bazată pe dispozitive GPS dedicate, participanții primesc un dispozitiv GPS pasiv cu un singur buton de pornire/oprire, ceea ce reprezintă o investiție majoră (majoritatea dispozitivelor nici măcar nu sunt recuperate) (Chibane și Gwiazdzinski, 2014). În continuare sunt prezentate 4 dintre dispozitivele GPS folosite preponderent la anchetele din ultimii ani: IGOTU, Route 66, TrackStick MINI și BT-Q1000X (figura 3.7).



Fig. 3.7 Exemple de dispozitive GPS (sursa: Nguyen-Luong, 2012)

Este necesar un chestionar separat înainte de sondaj pentru a întreba despre locurile și adresele cele mai frecventate: acasă, serviciu, școală, două locații frecvente de cumpărături. Este indicat un sondaj de urmărire pe Internet pentru a specifica unele informații despre obiective, metode etc. Participanții își văd rutele GPS pe Internet și le este cerut să le confirme sau nu (Liu et al, 2013).

#### 3.2.3.1.4. Aplicații GPS pentru telefoanele mobile

Majoritatea telefoanelor moderne regrupează toate tehnologiile și perifericele de comunicație necesare unei anchete de deplasare: microprocesoare GPS, GSM/GPRS, Wifi, Bluetooth, antene, senzori inerțiali. Tot ce lipsește pentru a rezolva problemele unei anchete GPS de deplasare este o aplicație de urmărire care îmbină informațiile de la toate tehnologiile integrate disponibile și obține înregistrări proprii, continuu și invizibil pentru utilizator.

Într-o anchetă bazată pe telefoanele mobile, participanții descarcă, instalează și folosesc o aplicație dezvoltată pentru smartphone-uri. Fiecare participant se conectează în mod regulat pe site-ul web al sondajului pentru a verifica și valida activitățile și călătoriile efectuate. Smartphone-ul încarcă datele pe un server, care utilizează mai mulți algoritmi de analiză (Cottrill et al, 2015; Patterson și Fitzsimmons, 2016) (figura 3.8).



Fig. 3.8 Arhitectura aplicațiilor mobile pentru procesarea datelor

(sursa: Patterson și Fitzsimmons, 2016)

## 3.2.3.1.5. Anchete GPS bazate pe vehicule și tehnologia blockchain

O tendință modernă în anchetele de deplasare este utilizarea modulelor GPS încorporate în vehicule pentru a colecta date de călătorie, deoarece este mai puțin greoaie pentru participanți și poate fi efectuată pe o perioadă mai lungă de timp (Gong et al, 2017). În prezent, vehiculele sunt echipate cu calculatoare (ECU – Electronic Control Unit), senzori și echipamente de comunicare pentru colectarea, procesarea și partajarea datelor. În centrul tuturor acestor tehnologii emergente de conectare se află un sistem hardware și software încorporat numit Unitate de control telematic (TCU – Telematic Control Unit) (Saber et al, 2019). Aceasta utilizează standardul V2X pentru rețelele mobile pentru a asigura conectivitatea pentru schimbul de date între sistemele „on-board” și „off-board”. Acest computer colectează și date de telemetrie din autoturism, precum poziția, viteza, date despre motor, calitatea conexiunii și multe altele. Sistemul telematic de bord constă dintr-o unitate de navigație prin satelit (GNSS), o antenă de comunicații mobile GSM și o unitate de procesare electronică (Gao et al, 2019).

Tehnologia Blockchain poate sprijini colectarea, stocarea și gestionarea datelor, răspunzând la nevoile crescânde ale Big Data (Saber et al, 2019). Blockchain are puterea de a transforma IoT printr-o platformă partajată deschisă, de încredere și auditabilă, unde orice informații schimbate sunt urmăribile și sigure (Mistry et al, 2019). La nivelul Road Side Units (RSU), este implementată o rețea Blockchain. Aceste RSU gestionează certificarea și revocarea vehiculelor. Diferitele registre Blockchain sunt folosite pentru a stoca certificatele, listele de admitere, autentificare și revocare, registre care pot fi accesate de vehicule și autorități care utilizează tranzacții Blockchain.

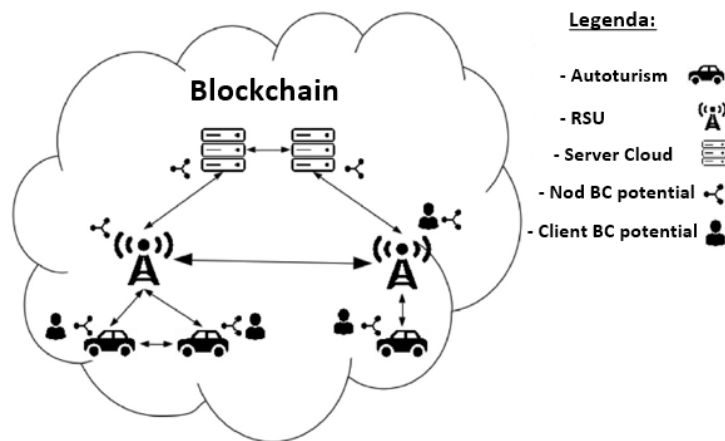


Fig. 3.10 Implementarea tehnologiei blockchain în rețelele vehiculare

După cum se poate observa în tabelul 3.2, există mult mai multe diferențe decât asemănări între un sondaj GPS bazat pe smartphone-uri și unul bazat pe vehicule.

Tab. 3.2 Comparație între ancheta GPS cu smartphone și ancheta GPS cu vehicule

	Anchetă GPS Smartphone	Anchetă GPS Vehicule
Asemănări	Atât telefoanele mobile, cât și vehiculele sunt echipate cu receptor GPS și, de asemenea, cu accelerometru.	
Diferențe	Participants can use any mean of transportation	Participanții trebuie să folosească autoturismele personale
	Participanții pot fi oricine, deoarece toată lumea are un smartphone	Participanții sunt mai greu de găsit, deoarece nu toate vehiculele sunt echipate cu sistemul de conectivitate telematică
	Participanții descarcă o aplicație pentru anchetă din platforma de aplicații a producătorului telefonului	Participanții trebuie să introducă un stick de memorie în USB-ul interfeței Multimedia pentru a rula aplicația pentru sondaj
	Datele GPS sunt trimise direct la serverul de colectare a datelor	Datele GPS sunt trimise prin diferite straturi și tehnologii, fiind necesară și tehnologia Blockchain pentru securitate
	Bateria smartphone-ului se epuizează foarte repede	Bateria vehiculului se descarcă mult mai lent, fiind reîncărcată de alternator, în cazul vehiculelor termice

### 3.2.3.2. Alte echipamente și tehnologii integrate în estimarea deplasărilor

Practic, există două sisteme care pot monitoriza locația și mișcarea utilizatorilor de telefoane mobile: sistemul de poziționare și sistemul de mișcare (Wang și He, 2017). În ceea ce privește sistemele de poziționare, semnalele de radiofrecvență RF sunt adesea folosite pentru a determina locația dispozitivelor de telefonie mobilă. Aceste semnale de frecvență radio includ semnale de la rețelele celulare, GPS, WiFi și Bluetooth. În ceea ce privește sistemul de mișcare, senzorii încorporați sunt utilizați pentru a urmări tipurile de mișcare ale fiecărui dispozitiv smartphone. Aici includem accelerometre, senzori magnetici și busole (Wang și He, 2017).

## 4. SOLUȚII PENTRU PROMOVAREA MOBILITĂȚII DURABILE

### 4.1. Transport public și deplasări individuale cu vehicule ușoare și necarosate

#### 4.1.1. Mobilitatea-ca-Serviciu vs. Mobilitatea-la-Cerere

O componentă cheie a mobilității viitorului și a metabolismului său este cea cunoscută sub numele de Mobilitate-ca-Serviciu (MaaS – Mobility-as-a-Service), reprezentând oportunități emergente de moduri de deplasare în orașele viitorului (Barreto et al., 2018). Mobility-as-a-Service (MaaS) este un serviciu digital care ghidează utilizatorii să planifice, să rezerve și să plătească pentru o serie de servicii de mobilitate, de multe ori și conectate între ele (figura 4.1).

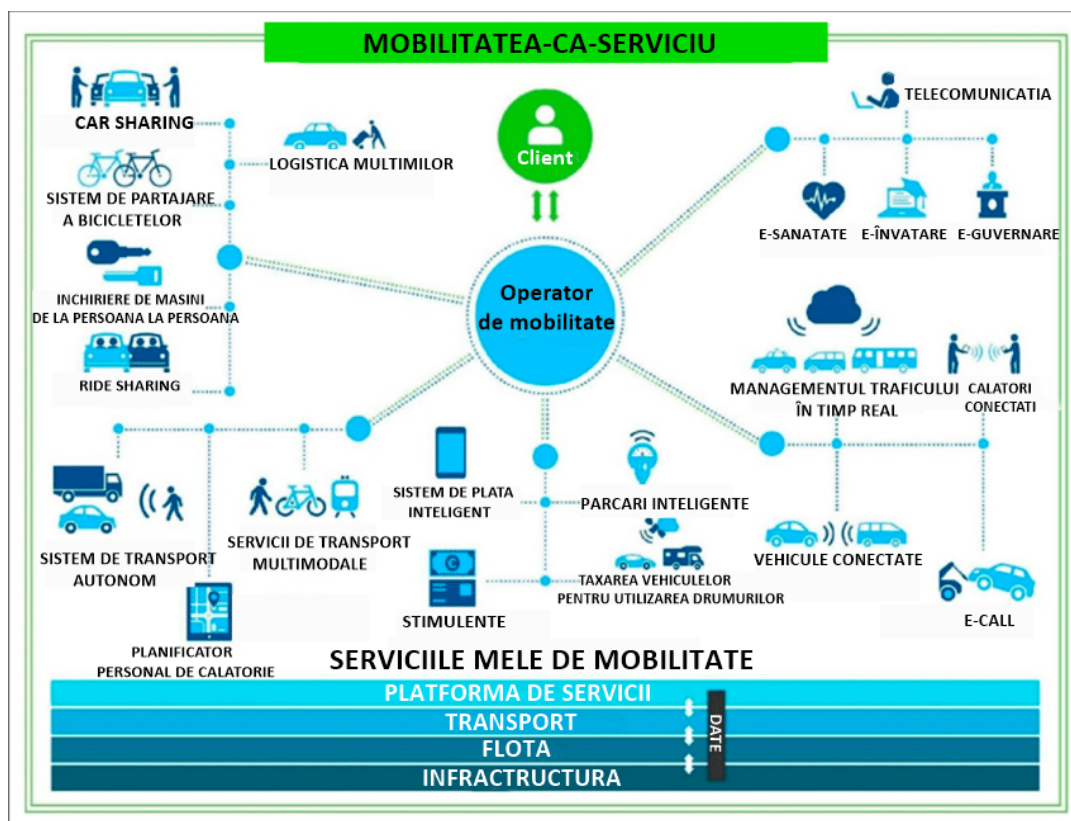


Fig. 4.1 Cadrul Mobilității-ca-Serviciu (sursa: Garcia et al, 2019)

#### 4.1.2. Expansiunea utilizării trotinetelor electrice

Scopul principal al micromobilității este acela de a acoperi deplasări pe distanțe scurte, aici fiind inclusă și problema primului/ultimului km. Această problemă se referă la etapele de intrare și ieșire (“access and egress”) dintr-o deplasare, care împreună cu timpii de așteptare și transfer sunt considerate cele mai slabe părți ale unui lanț de transport public intermodal, în timp ce contribuția lor la dizutilitatea totală a deplasării este substanțială (Krygsman, 2004). Fenomenul deplasării cu trotinete electrice a început în Statele Unite în 2017, fiind prezent în 33 de orașe în 2018 și peste 90 de orașe în 2019, extinzându-se rapid în toată Europa. Acestea sunt fără andocare și pot fi folosite pe străzi, în timp ce bicicletele sunt limitate pentru a fi utilizate pe piste pentru biciclete (Ma, 2022). Trotineta electrică este o modalitate convenabilă de deplasare, mai ales pe timp de căldură, pentru a înlocui mersul pe jos și îi duce pe oameni la destinație cu 22% mai repede decât bicicleta (Sanders et al., 2020).

#### 4.1.3 Principalele probleme întâmpinate în folosirea trotinetelor electrice

Problema principală a trotinetelor electrice este similară cu cea a vehiculelor electrice. Bateriile lor electrice au o durată de viață scurtă, iar reciclarea lor nu este foarte ecologică (Christoforou et al., 2021). Sunt utile dacă înlocuiesc călătoriile cu autoturismul din zonele cu accesibilitate redusă la transportul public, dar dacă înlocuiesc în mare parte mersul pe jos, atunci impactul asupra mediului devine negativ. Totodată, introducerea trotinetelor electrice a declanșat dezbateri publice considerabile, pentru că a început să aibă un impact asupra celorlalți utilizatori ai spațiului public, precum pietonii care nu se mai simt în siguranță pe trotuare, pentru că unii utilizatori de trotinete conduc iresponsabil (Tuncer și Brown, 2020).

## 4.2. *Transport intermodal (deplasări înlănțuite)*

Călătoria intermodală, deși pe o tendință ascendentă, a fost cumva neglijată de-a lungul timpului în cercetarea cererii de deplasare (Clifton și Muhs, 2012). O călătorie intermodală presupune schimbarea modului de deplasare cel puțin o dată, luând în considerare o singură călătorie de la origine la destinație (figura 4.4). Acest lucru nu trebuie confundat cu călătoriile legate, care sunt de fapt diferite etape ale unui tur, care implică mai multe activități.

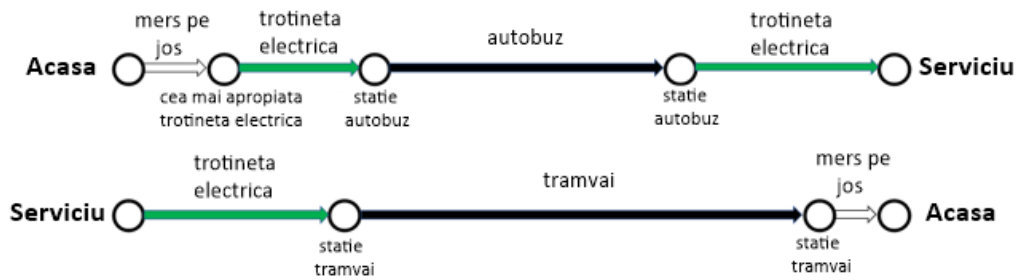


Fig. 4.4 Exemple de transport intermodal ce include trotineta electrică

Pentru scopul studiului, un model de deplasare/transport intermodal constă dintr-un lanț de servicii, cu transfer în stațiile de TPU. Conform definiției de mai sus, lanțul de servicii conține următoarele componente:

- un mod de acces, trotineta electrică luată de acasă sau aproape de casă până la cea mai apropiată stație de autobuz sau tramvai;
- un mod principal, respectiv cea mai lungă parte a călătoriei, reprezentată de autobuz sau tramvai, de la cea mai apropiată stație de domiciliul utilizatorului până la cea mai apropiată stație de destinație;
- un mod de iesire, un alt e-scooter luat din imediata apropiere a stației de transport în comun la care a coborât, până la destinație.

### 4.3. Modelarea alegerii discrete

#### 4.3.1. Noțiuni generale

Utilitatea este un termen folosit în microeconomie pentru a măsura cantitatea adițională de satisfacție pe care o persoană ar avea-o din achiziționarea unui bun sau serviciu (Stephen și Townsend, 2020). Această utilitate este derivată din caracteristicile alternativelor și caracteristicile fiecărui individ, rezultând o combinație liniară de variabile.

Cea mai simplă versiune a teoriei utilității aleatorii postulează indivizi Homo Economicus,  $q$ , raționali și înzestrați cu informații complete și un observator, care trebuie să-și asume utilități alternative ale formei următoare (ecuația 4.6) (Ortuzar și Willumsen, 2011; Sharma et al, 2017):

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq}, \quad (4.6)$$



unde:

$V_{iq}$  – partea observată (deterministă) a alternativei  $i$

$\varepsilon_{iq}$  – eroare aleatoare, neobservată, distribuită cu o anumită funcție de densitate (perturbare)

Predicția alternativei care va fi aleasă se realizează prin calcularea utilității fiecărei opțiuni, iar apoi valoarea probabilității între 0 și 1. Aceasta va avea o repartiție în formă de S și se determină folosind un model Logit (ecuația 4.2) sau alte forme:

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)} \quad (4.2)$$

Pentru analiza unei probleme de alegere discretă, există trei pași principali pentru configurare:

1. Specificarea setului de alegeri posibile
2. Formularea unui model despre modul în care decidentul alege modul de deplasare
3. Estimarea parametrilor structurali necunoscuți ai modelului, care descriu comportamentul decidentului, preferințele etc.

#### **4.4. Studiu de caz. Estimarea cererii de deplasare pentru un model de deplasare/transport intermodal, incluzând trotinetele electrice în Iași**

##### 4.4.1. Aria de studiu și statistici descriptive

###### 4.4.1.1. Date demografice pentru orașul Iași

Municipiul de reședință al județului cu același nume, Iași, se găsește într-o creștere continuă a populației, aproape dublându-și numărul de locuitori în ultimii 10 ani (tabelul 4.1). Dacă la ultimul recensământ din 2011 avea 290.422 locuitori, în 2019 ajunsese deja la 507.100 locuitori. Observăm că cea mai numeroasă categorie de vârstă este cea între 30-34 ani, cu 43253 locuitori în 2021, urmată de cea între 35-39 ani, cu 30374 locuitori, ceea ce înseamnă că populația este preponderent tânără și în creștere. Orașul nou s-a extins în toate direcțiile, începând cu cartierele Copou, Sărărie, Țicău, Tătărași, și continuând cu Păcurari, Frumoasa-Poitiers, Socola, Bucium, Galata, Alexandru cel Bun, Dacia etc.

Tab. 4.1 Populația rezidentă în Iași pe grupe de vârstă în 2021

Varste si grupe de varsta	Sexe	Medii de rezidenta	Macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete	Anul 2021
				UM: Numar persoane Numar persoane
0- 4 ani	Total	Urban	Iasi	26480
5- 9 ani	Total	Urban	Iasi	21682
10-14 ani	Total	Urban	Iasi	18845
15-19 ani	Total	Urban	Iasi	15354
20-24 ani	Total	Urban	Iasi	15066
25-29 ani	Total	Urban	Iasi	26988
30-34 ani	Total	Urban	Iasi	43253
35-39 ani	Total	Urban	Iasi	30374
40-44 ani	Total	Urban	Iasi	28441
45-49 ani	Total	Urban	Iasi	24490
50-54 ani	Total	Urban	Iasi	25259
55-59 ani	Total	Urban	Iasi	15789
60-64 ani	Total	Urban	Iasi	21297
65-69 ani	Total	Urban	Iasi	22491
70-74 ani	Total	Urban	Iasi	16147
75-79 ani	Total	Urban	Iasi	7890
80-84 ani	Total	Urban	Iasi	6660
85 ani si peste	Total	Urban	Iasi	5055

#### 4.4.1.2 Evoluția sistemului de transport în comun în Iași

Rețeaua stradală actuală a Iașului, dezvoltată pe bazele celei din Evul Mediu, a devenit neîncăpătoare în orele de vârf, datorită numărului în creștere al autoturismelor, ducând la producerea de ambuteiaje în intersecțiile principale. Începând cu anul 2017, Compania de Transport Public (CTP) Iași operează în municipiu 8 trasee de tramvai și 25 de linii de autobuz (tabelul 4.2).

Tab. 4.2 Transportul public de pasageri în municipiul Iași (source: <https://iasi.insse.ro/produse-si-servicii/publicatii-statistice/anuarul-statistic-al-judetului-iasi/>)

Anul	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Lungimea liniei simple (km)</b>						
Tramvaie	83	83	83	79	79	79
<b>Numărul vehiculelor</b>						
Tramvaie	150	151	124	126	126	126
Autobuze și microbuze	278	207	161	169	169	166

Numărul autoturismelor înscrise în circulație în municipiul Iași a crescut continuu și el, de la aproape 80000 în anul 2007 la peste 200000 în 2020 (figura 4.7) (Wikipedia).

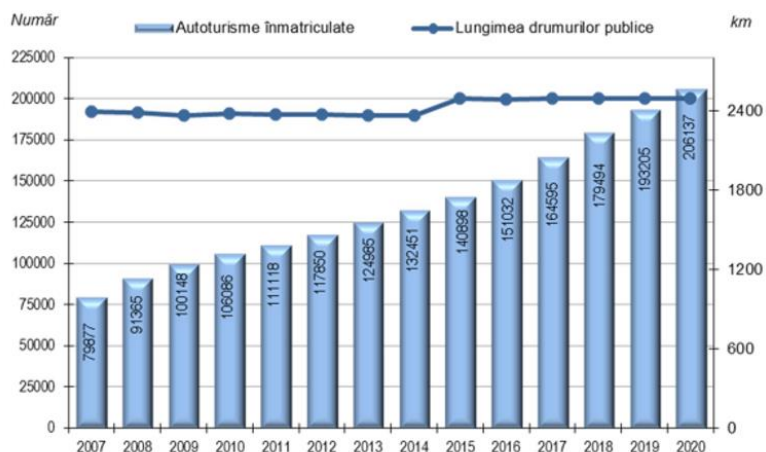


Fig. 4.7 Numărul oficial de autoturisme înscrise în circulație în Iași și lungimea drumurilor publice (sursa : <https://iasi.insse.ro/produse-si-servicii/publicatii-statistice/anuarul-statistic-al-judetului-iasi/>)

Începând cu 8 aprilie 2022, trotinete electrice furnizate de compania Lime sunt disponibile de închiriat în Iași. Pentru a putea folosi acest serviciu, utilizatorul trebuie să descarce aplicația mobilă “Lime”, în care va putea vedea locația trotinetelor disponibile, datorită tehnologiei GPS, alege cea mai apropiată trotinetă și o deblochează cu telefonul, scanând un cod QR de pe ea.

La sfârșitul călătoriei, trotineta electrică poate fi lăsată oriunde, în interiorul perimetrului definit, fiind necesară o fotografie cu aceasta într-un loc adecvat pentru a încheia cursa. Costurile de utilizare sunt de 0,68 RON/minut, iar deblocarea costă 2 RON. Pentru România, costurile nu sunt considerate cele mai accesibile pentru distanțe lungi, în momentul de față, considerând o călătorie de 30 minute, spre exemplu, costul ar fi de 22.4 RON, pentru o oră, 42,8 RON.

#### 4.4.2. Determinarea indicatorilor de accesibilitate ai orașului Iași

##### 4.4.2.2 Examinarea accesibilității locuitorilor la punctele de interes ale orașului prin intermediul izocronelor (QGIS)

Primul pas în determinarea izocronelor relevante pentru orașul Iași constă în identificarea liniilor de transport în comun care fac legătura dintre zonele periferice cu accesibilitate redusă și punctele de interes ale orașului. Cele 8 puncte de interes (POI) identificate au fost: *Palas Mall, Parcul Copou, Gara Centrală, Grădina Botanică, Universitatea Alexandru Ioan Cuza, Mitropolia Moldovei, Iulius Mall și Piața Unirii.*

Pachetul software QGIS a fost utilizat pentru a marca pe harta orașului Iași fiecare stație de transport în comun (cerculețele roșii ●), legăturile dintre acestea (linie întreruptă ---), dar și cele 8 puncte principale de interes (steluțe verzi ★). Aplicația QGIS folosește baza de date geografice OpenStreetMap (OSM), ce este disponibilă în format open source (gratuit), la care se pot adăuga straturi de puncte, între care se poate calcula distanța, cea mai scurtă rută, izocrone etc. Pentru fiecare traseu al CTP și stațiile acestuia, au fost create straturi (layer) speciale, astfel încât să se poată adăuga și înlătura cu ușurință de pe hartă (figura 4.11).

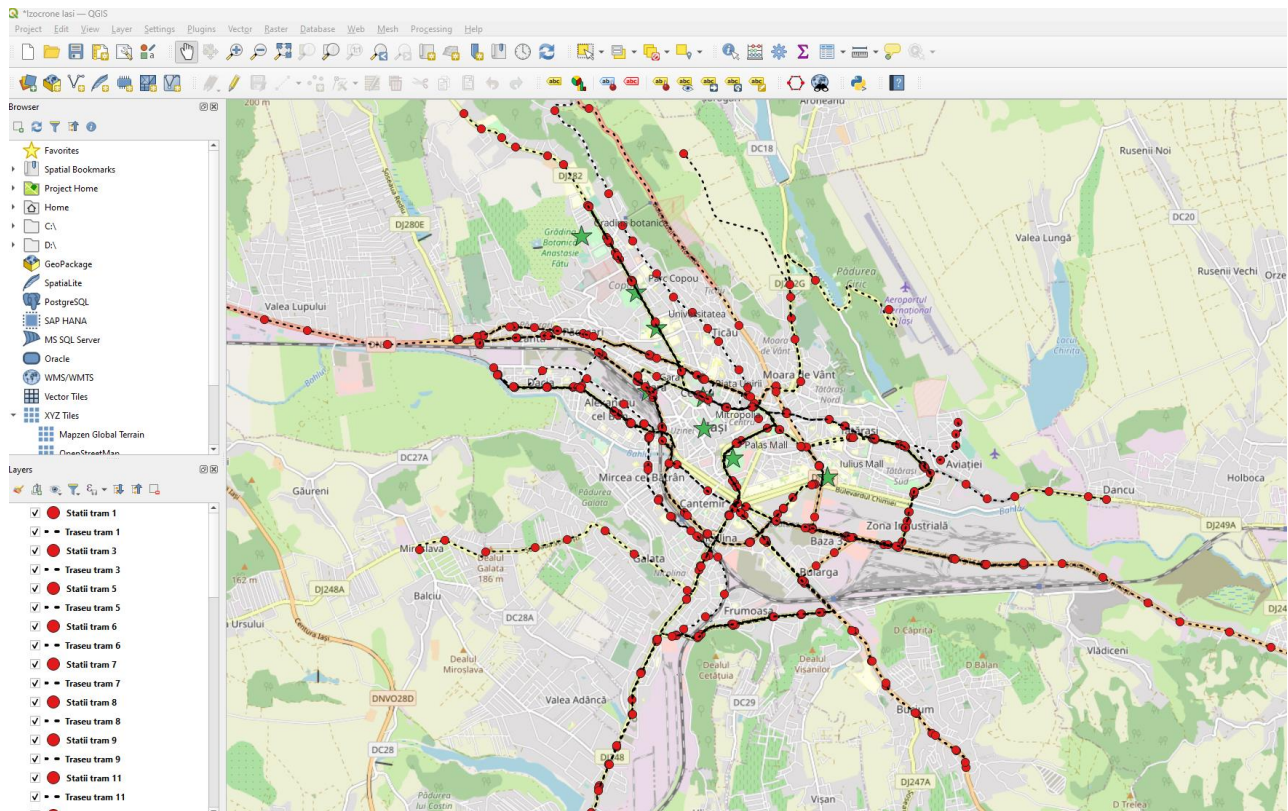


Fig. 4.11 Stațiile și traseele mijloacelor de transport în comun din Iași

Interesul constă în determinarea accesibilității locuitorilor din zonele limitrofe la punctele de interes ale orașului Iași, deplasându-se intermodal, TPU în combinație cu mers pe jos sau trotinetă electrică. Astfel, se identifică 9 zone cu accesibilitate redusă și liniile de transport care le leagă de punctele de interes: Dancu, Valea Adâncă, Miroslava, Tomești, Breazu, Lunca Cetățuii, Bucium, Moara de Vânt și Țicău (figura 4.12).

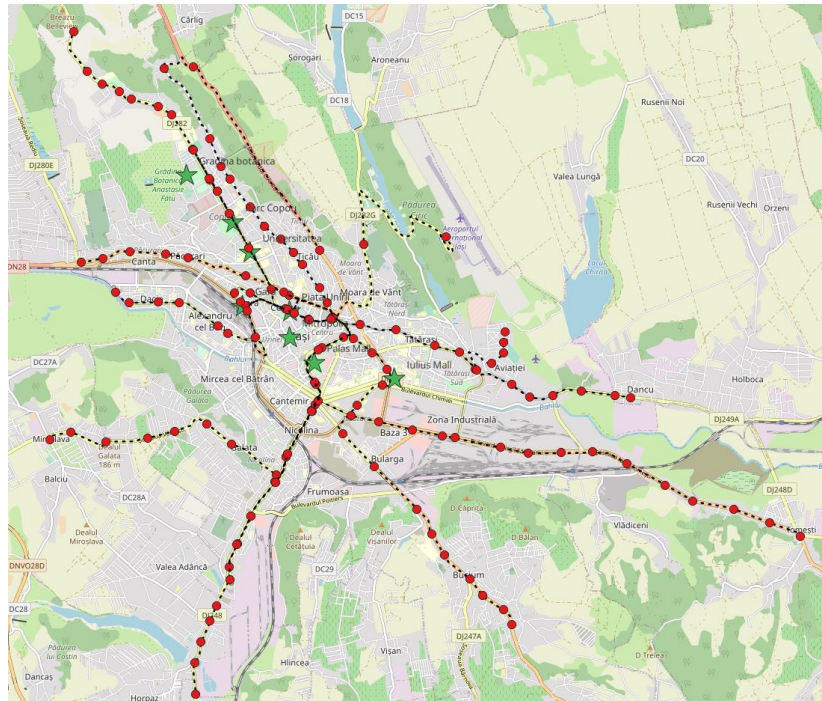


Fig. 4.12 Harta traseelor alese pentru calcul izocronelor

Se calculează izocronele pentru cele 9 zone periferice identificate ale orașului Iași, zone cu accesibilitate redusă, cu destinația Piața Unirii, situată în centrul orașului și considerată punctul 0 al acestuia. Scopul este de a determina și compara duratele de deplasare totale și parțiale, considerând ca mod de acces întâi mersul pe jos, iar apoi trotineta electrică. Pentru aceasta, folosim opțiunea ORS Tools din pachetul software QGIS. Vom considera implicit durata de 45 de minute pentru aceste zone, ținând cont de faptul că este un oraș de talie medie. Acolo unde duratele de transport cu mijloacele de transport în comun singure depășesc această valoare, și duratele totale considerate vor fi mai mari (ex., 65, 70 minute).

**Exemplu: Linia de autobuz 23: Miroslava – Tudor Neculai - Podu Roș + tramvai 9 -> POI: Piața Unirii (centru) (figura 4.15)**

Durata totală = 65 min

Durata de așteptare în stație = 24 min

Viteza comercială tramvai =  $v_c = 15 \text{ km/h}$

Durata de transport public =  $\text{Distanța} / v_c$

Viteza medie de mers pe jos =  $4,5 \text{ km/h} = 1,25 \text{ m/s} = 75 \text{ m/min}$

Viteza medie a trotinetei electrice =  $25 \text{ km/h} = 6,94 \text{ m/s} = 416 \text{ m/min}$

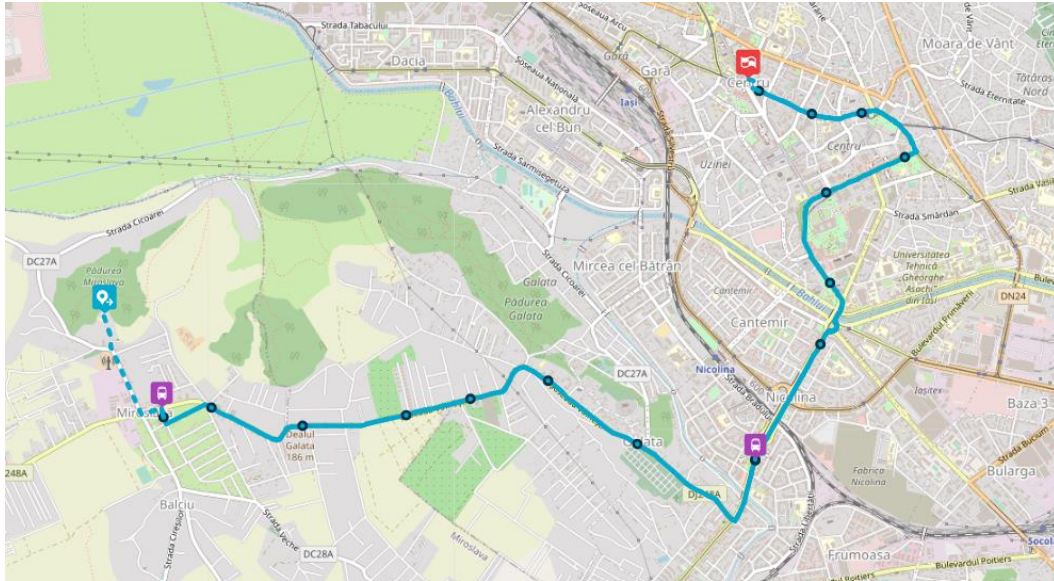


Fig. 4.15 Traseul Miroslava – Piața Unirii

Se obține următoarea succesiune de izocrone, realizată în programul QGIS, cu plugin-ul ORS Tools (figura 4.16).

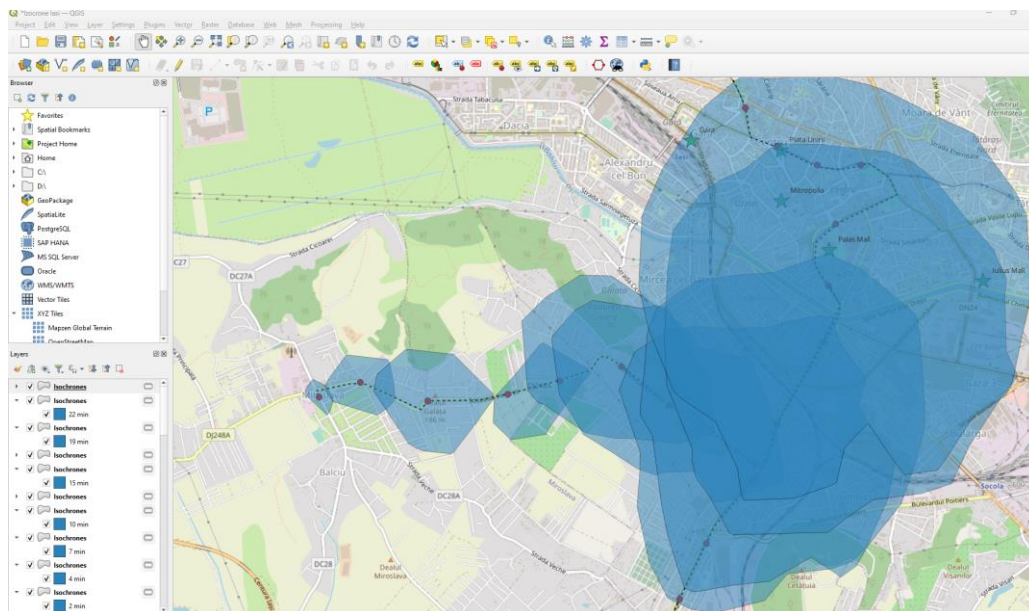


Fig. 4.16 Izocrone autobuz 23 pentru deplasarea TPU + mers pe jos

Se observă că pentru zona Miroslava, punctul de interes Piața Unirii nu este accesibil pentru o durată de 65 de minute cu autobuzul 23. Calculăm izocronele pentru durata totală de 65 de minute, dar considerând o deplasare combinată trotinetă electrică + transport public (figura 4.17).

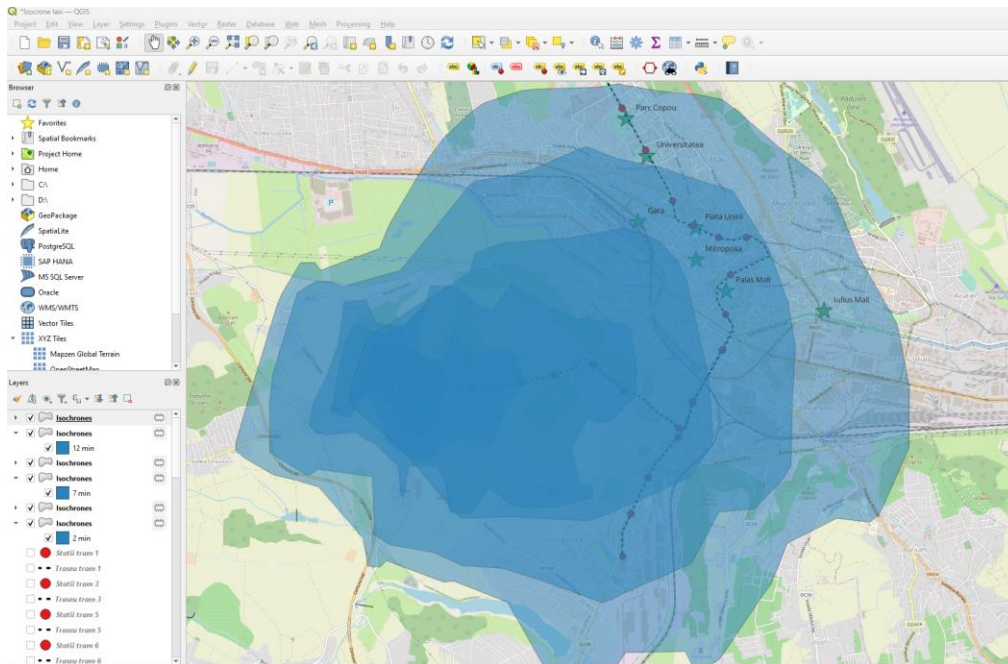


Fig. 4.17 Izocrone autobuz 23 pentru deplasarea TPU + trotinetă electrică

Se observă că în acest caz, zona Miroslova devine accesibilă pentru punctul de interes Piața Unirii cu durata totală de 65 de minute.

Analizând duratele de deplasare pentru toate zonele analizate, se obțin următoarele statistici:

- media duratelor maxime de mers pe jos până la cea mai apropiată stație de transport în comun este de 22,2 minute;
- media duratelor totale maxime considerând o deplasare compusă din mers pe jos și folosirea mijloacelor de transport în comun de 74,3 minute;
- media duratelor maxime de mers cu trotineta electrică până la cea mai apropiată stație de transport în comun este de 5,1 minute;
- media duratelor totale maxime considerând o deplasare compusă din folosirea unei trotinete electrice și folosirea mijloacelor de transport în comun este de 57,2 minute.

Se trage concluzia că, folosind o trotinetă electrică (închiriată sau personală) până la cea mai apropiată stație de transport în comun, durata deplasării se reduce, în medie, cu 17,1 minute.

#### 4.4.2.3 Examinarea accesibilității locuitorilor la serviciile de mobilitate

Un indicator util pentru determinarea accesibilității la serviciile de mobilitate privește procentul din populație cu un acces facil la transportul public (tramvai, autobuz) și se calculează cu următoarea formulă:

$$Acf = \frac{\sum_i P A f_i * Q_i}{pop}, \quad (4.11)$$

unde:

Acf = indexul facilității accesului [% din populație]

Paf<sub>i</sub> = numărul de persoane care locuiesc în zona i

Q<sub>i</sub> = grad de apreciere a facilității accesibilității la serviciile de mobilitate. Acest grad este predefinit și ia următoarele valori :

- Q<sub>i</sub> = 1, dacă accesul este foarte facil [0-200m] ;
- Q<sub>i</sub> = 0,5, dacă accesul este facil [200-400m] ;
- Q<sub>i</sub> = 0, dacă accesul nu este facil [>400m] ;

În urma anchetei de transport realizată în orașul Iași, s-a determinat procentul de 9,6% din populație care locuiește la o distanță de 0-200m de cea mai apropiată stație de transport în comun, iar 16,5% care locuiește la o distanță de 200-400m. Celelalte categorii nu sunt luate în considerare, deoarece Q<sub>i</sub> = 0. Astfel, rezultă următorul calcul:

$$Acf = \frac{[xx\% * pop] * 1 + [xx\% * pop] * 0.5}{507100} = \frac{48681.6 * 1 + 83671.5 * 0.5}{507100} * 100 = 17,8\%$$

Se trage concluzia că 17,8% din populație are un acces foarte facil la mijloacele de transport în comun, un procent nu foarte mare, având în vedere expansiunea orașului către periferii, fără extinderea și a liniilor de transport public.

#### 4.4.3. Ancheta de deplasare desfășurată în Iași

O anchetă de deplasare online a fost derulată în orașul Iași, folosind aplicația online Google forms, care conține 17 întrebări și a fost postată pe diferite grupuri de Facebook ale orașului Iași. Aceasta a obținut 492 de răspunsuri, în decurs de 2 luni (aprilie-mai 2022). Formularul poate fi vizualizat accesând următorul link: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScL-TgG2Bx3mcip3bzU5b2IAkxUeE82NrypCiGPbjKQ-y22ng/viewform>



Această metodă de postare a sondajului pe diferite grupuri de social media pe diferite tematici și scopuri asigură gradul necesar de diversitate al participanților. Cele mai relevante rezultate ale sondajului online pot fi găsite în tabelul de mai jos (tabelul 4.6). De asemenea, rezultatele de la ultimul Recensământ din România din 2022 au fost prezentate drept comparație, când au fost găsite disponibile.

Tab. 4.6 Statistici descriptive ale anchetei de deplasare online

	N	Anchetă	INSSE		N	Anchetă	INSSE
Dimensiune eșantion	492	100%					
Sex: Bărbat	263	53.5%	47.3%	Distanță până la TPU			
Femeie	229	46.5%	52.7%	0 – 200 m	47	9.6%	
Vârstă: 18-30	171	34.8%	18.3%	200 – 400 m	81	16.5%	
30-40	174	35.4%	19.1%	400 – 600 m	115	23.4%	
40-50	63	12.8%	13.8%	600 – 800 m	142	28.9%	
50-60	53	10.7%	15.4%	800 – 1000 m	74	15%	
> 60	31	6.3%	12.1%	> 1000 m	33	6.7%	
Venit: < 1000	29	5.9%	11.5%	Distanță până la serviciu			
1000 - 2000	120	24.4%	13.2%	(medie)	492	5.3 km	
2000 - 3000	184	37.4%	18.2%	Prezență trotinetă în zonă			
3000 - 4000	103	20.9%	21%	- Da	213	43.3%	
4000 - 5000	38	7.7%	32.1%	- Nu	279	56.7%	
> 5000	18	3.7%	4%	Doriința folosire trotinetă			
Posesie auto -- Da	283	57.5%	64.9%	(serviciu)			
-- Nu	209	42.5%	35.1%	- Da	66	13.4%	
Posesie trotinetă electrică				- Nu	426	86.6%	
-- Da	36	7.3%		Doriința folosire trotinetă			
-- Nu	456	92.7%		+ TPU (serviciu)			
Abonament TPU -- Da	226	45.9%		- Da	108	22%	
-- Nu	266	54.1%		- Nu	384	78%	
Mod deplasare serviciu				Doriința folosire trotinetă			
- mers pe jos	52	10.6%		(neobligată)			
- TPU	215	43.7%		- Da	162	32.9%	
- autoturism	197	40%		- Nu	330	67.1%	
- altele	28	5.7%		Doriința folosire trotinetă			
Mod deplasare neobligată				+ TPU (neobligată)			
- mers pe jos	58	11.8%		- Da	111	22.5%	
- TPU	158	32.1%		- Nu	381	77.5%	
- autoturism	234	47.6%					
- altele	42	8.5%					

Cele mai receptive două grupe de vârstă au fost cele între 18-30 și 30-40 de ani (~35%), în timp ce procentele populației ieșene din aceste categorii sunt mult mai mici (~18-19%). Dintre rezultatele declarate, ca mijloace de transport folosite mai ales pentru deplasările de serviciu, 43,7% au răspuns că folosesc transportul în comun, 40% folosesc autoturismul, iar restul folosesc mersul pe jos sau alte mijloace de deplasare. În ceea ce privește întrebările despre trotinete electrice, se poate constata că 43,3% din populație a văzut trotinete electrice disponibile în zona lor de domiciliu, dar procente mici de oameni ar folosi una pentru diferite activități. Doar 13,4% ar merge cu trotineta electrică de acasă la serviciu, 22% ar folosi o trotinetă electrică drept modalitate de acces la transportul public, respectiv 12,4% pentru zona de ieșire de la mijloacele de transport în comun, iar 32,9% ar plăti pentru o trotinetă electrică pentru alte activități, de exemplu pentru distracție, plimbare sau încercare. La întrebarea de ce nu ar folosi trotinete electrice, 51,4% au blamat costul prea mare, 14,4% au spus că trotinetele nu sunt disponibile în zona lor, 13% le consideră periculoase, 6,9% au declarat că preferă mersul pe jos, în timp ce 5,9% locuiesc prea aproape de o stație de transport în comun pentru a avea nevoie de ea ca mod de acces/ieșire.

#### 4.4.4. Maximizarea utilității transportului intermodal

##### 4.4.4.1. Estimarea modelului Logit Multinomial

Un model Logit Multinomial este folosit atunci când utilitatea depinde liniar de caracteristicile socio-demografiile ale respondenților și de atributele diferitelor alternative intermodale.

##### 4.4.4.2. Parametrarea modelului MNL pentru orașul Iași

Pentru modelarea problemei de alegere discretă a modului de deplasare în orașul Iași, se parcurg cei trei pași ai modelului:

#### **A. Determinarea setului de alternative**

Se consideră ca moduri de deplasare: mersul pe jos, trotineta electrică, autoturismul personal, TPU și deplasarea intermodală TPU+trotinetă electrică închiriată.

## B. Formularea modelului pe baza căruia utilizatorii aleg din setul de alternative

Se construiesc următoarele formulări de utilitate pentru modurile considerate, pentru a estima modelul Logit Multinomial:

### Mers pe jos

$$U_{WA} = \beta_{WA} + \beta_{timeWA} * time_{WA} + \beta_{comfortWA} * comfort_{WA}, \quad (4.12)$$

cu:

$$\beta_{WA} = \beta_{WA0} + \beta_{sexWA} * sex + \beta_{ageWA} * age + \beta_{carWA} * hh_{car} + \beta_{ESWA} * hh_{ES} + \beta_{incomeWA} * income \quad (4.13)$$

### Trotinetă electrică

$$U_{ES} = \beta_{ES} + \beta_{timeES} * time_{ES} + \beta_{costES} * cost_{ES} + \beta_{comfortES} * comfort_{ES}, \quad (4.14)$$

cu:

$$\beta_{ES} = \beta_{ES0} + \beta_{sexES} * sex + \beta_{ageES} * age + \beta_{carES} * hh_{car} + \beta_{incomeES} * income \quad (4.15)$$

$$\beta_{cost} = - e^{\beta_{cost0} + \sigma_{cost} * \zeta_1} \quad (4.16)$$

### Autoturism

$$U_{PC} = \beta_{PC} + \beta_{timePC} * time_{PC} + \beta_{costPC} * cost_{PC} + \beta_{parkingPC} * parking_{PC} + \beta_{comfortPC} * comfort_{PC}, \quad (4.17)$$

cu:

$$\beta_{PC} = \beta_{PC0} + \beta_{sexPC} * sex + \beta_{agePC} * age_{PC} + \beta_{incomePC} * income + \beta_{PTpassPC} * PT_{pass} \quad (4.18)$$

$$\beta_{cost} = - e^{\beta_{cost0} + \sigma_{cost} * \zeta_1} \quad (4.19)$$

### Mers pe jos + TPU

$$U_{WA+PT} = \beta_{WAPT} + \beta_{distancePT} * distance_{PT} + \beta_{timeWA} * time_{WA} + \beta_{comfortWA} * comfort_{WA} + \beta_{waitPT} * wait_{PT} + \beta_{timePT} * time_{PT} + \beta_{costPT} * cost_{PT} + \beta_{crowdingPT} * crowding_{PT} + \beta_{comfortPT} * comfort_{PT} \quad (4.20)$$

cu:

$$\beta_{WAPT} = \beta_{WAPT0} + \beta_{sexWAPT} * sex + \beta_{ageWAPT} * age + \beta_{carWAPT} * hh_{car} + \beta_{WAPT} * hh_{ES} + \beta_{incomeWAPT} * income + \beta_{PTpassWAPT} * PT_{pass} \quad (4.21)$$

### Trotinetă electrică + TPU

$$U_{ES+PT} = \beta_{ESPT} + \beta_{distancePT} * distance_{PT} + \beta_{timeES} * time_{ES} + \beta_{costES} * cost_{ES} + \beta_{comfortES} * comfort_{ES} + \beta_{waitPT} * wait_{PT} + \beta_{timePT} * time_{PT} + \beta_{costPT} * cost_{PT} + \beta_{crowdingPT} * crowding_{PT} + \beta_{comfortPT} * comfort_{PT} \quad (4.22)$$

cu:

$$\beta_{ESPT} = \beta_{ESPT0} + \beta_{sexESPT} * sex + \beta_{ageESPT} * age + \beta_{carESPT} * hh_{car} + \beta_{incomeESPT} * income + \beta_{PTpassESPT} * PT_{pass} \quad (4.23)$$

### C. Estimarea parametrilor structurali necunoscuți ai modelului (utilitățile marginale)

Se calculează utilitatea folosirii următoarelor moduri de deplasare: mers pe jos, trotinetă electrică, autoturism personal, transport public + mers pe jos și transport public + trotinetă electrică, utilizând un model Logit Multinomial (MNL). Valorile variabilelor sunt extrase din răspunsurile la sondaj și reprezintă factorii care afectează alegerea modului de deplasare. Pentru a putea estima modelul și coeficienții cu codul Matlab, se definesc variabile de tip “dummy”.

#### 4.4.4.3. Rezultatele modelului MNL aplicat în Matlab

Pentru estimarea parametrilor, se rulează codul Matlab pentru modelul MNL ales și se calculează utilitățile modurilor, directe și combinate, în 2 cazuri: deplasări pentru serviciu (tabelul 4.9) și deplasări neobligate (tabelul 4.10). În Matlab, funcția pentru modelul MNL este „[beta, dev, stats] = mnrfit (X, y);”, iar funcția pentru estimarea probabilităților fiecărui mod de deplasare este „p = mnrvl(beta, X);”. Întrucât este urmărită în special utilizarea trotinetei electrice, se folosesc drept criteriu răspunsurile din sondaj privind prezența trotinetelor electrice în zona lor și dorința acestora de a le folosi, ca un beneficiu al Mobilității-ca-Serviciu.

Tab. 4.9 Rezultatele modelului MNL pentru alegerea modului de deplasare pentru muncă

Variabile	Mers pe jos		Trotinetă		Autoturism		Mers pe jos + TPU		Trotinetă + TPU	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P	Coef	P
male	ref		ref		ref		ref		ref	
female	0.65	0.003	-0.1	0.011	1.1	0.002	1.4	0.002	-0.05	0.003
Age1: 18–30	ref		ref		ref		ref		ref	
Age2: 30–40	1.56	0.001	0.9	0.003	1.4	0.013	0.9	0.005	0.89	0.009
Age3: 40–50	0.6	0.030	0.05	0.002	1.23	0.002	0.09	0.005	0.15	0.008
Age4: 50–60	-0.2	0.010	-0.03	0.001	1.4	0.002	1	0.007	-0.002	0.002
Age5: > 60	-0.01	0.008	-0.06	0.002	1.41	0.003	1.2	0.009	-0.004	0.003
Income1: < 1000	ref		ref		ref		ref		ref	
Income2: 1000-2000	1.2	0.001	-0.003	0.002	0.9	0.003	1.3	0.001	-0.001	0.002
Income3: 2000-3000	0.9	0.004	0.04	0.005	1.23	0.058	1.01	0.001	0.06	0.002
Income4: 3000-4000	0.6	0.001	0.4	0.005	1.38	0.003	0.91	0.002	0.48	0.005
Income5: 4000-5000	0.4	0.001	0.9	0.003	1.4	0.001	0.63	0.013	1.03	0.021
Income6: > 5000	0.3	0.006	1	0.001	1.43	0.016	0.45	0.014	1.09	0.020
Nocar	ref		ref		ref		ref		ref	
Car	-0.001	0.012	-0.01	0.014	-		-0.03	0.007	-0.02	0.003

## Metode și tehnici avansate pentru estimarea dinamicilor mobilității cotidiene

noES	ref		ref		ref		ref		ref	
ES	-0.2	0.010	-		-		-0.2	0.001	-	
noPTpass	ref		ref		ref		ref		ref	
PTpass	-		-		-0.02	0.005	1.32	0.001	1.32	0.020
Dist1: 0–200	ref		ref		ref		ref		ref	
Dist2: 200-400	-		-		-		1.69	0.002	0.22	0.005
Dist3: 400-600	-		-		-		1.4	0.004	0.93	0.021
Dist4: 600-800	-		-		-		0.9	0.009	0.99	0.015
Dist5: 800-1000	-		-		-		0.2	0.012	1.05	0.009
Dist6: > 1000	-		-		-		0.1	0.016	1.28	0.005
Travel time	-0.311	0.003	-0.201	0.003	-0.172	0.006	-0.085	0.001	-0.069	0.004
Waiting time	-		-		-		-0.012	0.005	-0.012	0.007
Parking search time	-		-		-0.08	0.001	-		-	
Cost	-		-2.23	0.001	-1.90	0.004	-1.76	0.005	-2.01	0.001
Comfort	-0.81	0.002	0.92	0.002	1.89	0.001	-0.02	0.007	0.01	0.002
Crowding: Fear0	ref		ref		ref		ref		ref	
Crowding: Fear1	-		-		-		-0.001	0.003	-0.001	0.005
Crowding: Fear2	-		-		-		-0.001	0.003	-0.001	0.006
Crowding: Fear3	-		-		-		-0.002	0.004	-0.002	0.008
Crowding: Fear4	-		-		-		-0.003	0.002	-0.003	0.004

Tab. 4.10 Rezultatele modelului MNL pentru alegerea modului de deplasare neobligată

Variabile	Mers pe jos		Trotinetă		Autoturism		Mers pe jos + TPU		Trotinetă + TPU	
	Coeff	P	Coeff	P	Coeff	P	Coeff	P	Coeff	P
male	ref		ref		ref		ref		ref	
female	0.68	0.001	-0.08	0.001	1.1	0.005	1.4	0.002	-0.15	0.001
Age1: 18–30	1.78	0.001	0.9	0.002	1.1	0.001	1.3	0.004	0.9	0.003
Age2: 30–40	1.6	0.002	0.8	0.002	1.5	0.001	0.7	0.002	0.69	0.002
Age3: 40–50	0.9	0.002	0.05	0.004	1.33	0.002	0.04	0.007	0.11	0.006
Age4: 50–60	0.2	0.009	-0.03	0.004	1.5	0.001	0.7	0.007	-0.05	0.005
Age5: > 60	ref		ref		ref		ref		ref	
Income1: < 1000	ref		ref		ref		ref		ref	
Income2: 1000-2000	1.3	0.003	-0.002	0.003	0.9	0.005	1.2	0.001	-0.001	0.004
Income3: 2000-3000	1.2	0.005	0.06	0.006	1.34	0.010	0.97	0.001	0.01	0.002
Income4: 3000-4000	0.8	0.006	0.8	0.002	1.41	0.002	0.82	0.012	0.04	0.001
Income5: 4000-5000	0.39	0.006	1.04	0.001	1.51	0.002	0.46	0.003	0.34	0.002
Income6: > 5000	0.2	0.004	1.1	0.002	1.74	0.002	-0.01	0.003	0.03	0.004
Nocar	ref		ref		ref		ref		ref	

Car	-0.001	0.003	-0.01	0.002	-	-0.03	0.002	-0.02	0.003	
noES	ref		ref		ref	ref		ref		
ES	-0.5	0.002	-		-	-0.5	0.002	-		
noPTpass	ref		ref		ref	ref		ref		
PTpass	-		-		-0.02	0.004	1.1	0.001	1.1	0.009
Dist1: 0–200	ref		ref		ref	ref		ref		
Dist2: 200-400	-		-		-	1.54	0.004	0.2	0.018	
Dist3: 400-600	-		-		-	1.26	0.004	0.75	0.010	
Dist4: 600-800	-		-		-	0.61	0.003	0.79	0.005	
Dist5: 800-1000	-		-		-	0.24	0.009	0.89	0.005	
Dist6: > 1000	-		-		-	-0.02	0.021	0.92	0.003	
Travel time	0.06	0.014	-0.174	0.007	-0.16	0.003	-0.025	0.003	-0.03	0.015
Waiting time	-		-		-		-0.005	0.003	-0.013	0.010
Parking search time	-		-		-0.03	0.003	-		-	
Cost	-		-1.05	0.001	-1.2	0.005	-0.09	0.030	-1.33	0.002
Comfort	-0.38	0.008	0.94	0.001	1.66	0.001	-0.01	0.004	0.005	0.003
Crowding: Fear0	ref		ref		ref		ref		ref	
Crowding: Fear1	-		-		-		-0.001	0.005	-0.001	0.005
Crowding: Fear2	-		-		-		-0.001	0.005	-0.001	0.005
Crowding: Fear3	-		-		-		-0.002	0.005	-0.002	0.004
Crowding: Fear4	-		-		-		-0.003	0.004	-0.003	0.006

Analizând variabilele socio-economice, s-a observat că pentru femei sunt valori negative pentru deplasările cu trotineta electrică, indiferent dacă sunt directe sau combinate, pentru muncă (-0,1; -0,05) sau neobligate (-0,08; -0,15), ceea ce înseamnă că femeilor le este mai frică să folosească acest mod de deplasare. Privind peste grupele de vârstă, se observă că utilitatea a scăzut odată cu creșterea vârstei, ajungând chiar la valori negative pentru categoriile de peste 50 de ani. Așa cum era de așteptat, valorile coeficienților cresc odată cu venitul. Se poate observa că pentru deplasările neobligate, alegerea intermodală trotineta electrică + TPU are valori ale coeficienților mai mici decât cele de serviciu, adică oamenii nu ar prefera această combinație pentru a merge la cumpărături sau pentru a merge în parc.

Durata este unul dintre cele mai importante atribute într-un model de deplasare/transport, urmat de costul deplasării (Sharma et al, 2017). Acest studiu consolidează faptul că durata și costul deplasării sunt cele mai influente și importante atribute, având cel mai mare impact negativ asupra utilității modurilor (coeficient -2,23 pentru costul trotinetei electrice pentru muncă).

#### 4.4.5. Politici de transport și reducerea gradului de poluare

##### 4.4.5.1. Analiză de sensibilitate tarifară

În cazul Iașiului, deși integrarea trotinetelor electrice în deplasările cu TPU reduce nevoia de extindere a infrastructurii către periferii, costul considerabil face ca această alternativă să fie adesea inaccesibilă. Din acest motiv, sunt testate unele ipoteze de modificare a prețurilor, pentru a vedea cum se modifică probabilitățile de alegere a fiecărui mod de călătorie. Funcțiile de utilitate și probabilitățile de alegere ale modurilor de deplasare au fost recalulate, luând în considerare următoarele modificări de tarif/preț (tabelul 4.11):

- scăderea / creșterea tarifului trotinetelor electrice cu 10% (0,612 / 0,748 RON/min);
- scăderea / creșterea tarifului abonamentului TPU cu 10% (72 / 88 RON/lună);
- scăderea / creșterea prețului combustibilului cu 10% (0,684 / 0,836 RON/km).

Tab. 4.11 Analiza politicile de modificare de cost

Modificare de cost	Probabilitatea alegerii mersului pe jos	Probabilitatea alegerii trotinetei electrice	Probabilitatea alegerii autoturismului	Probabilitatea alegerii mers pe jos + TPU	Probabilitatea alegerii trotinetă electrică + TPU
Înainte de modificarea de cost	13.5%	2.4%	38.8%	40.2%	5.1%
Tariful trotinetei +10%	14.7%	1.1%	39.1%	41.5%	3.6%
Tariful trotinetei -10%	12.6%	3.9%	35.8%	38.3%	9.4%
Tariful TPU +10%	15.4%	2.5%	43%	37.1%	2%
Tariful TPU -10%	9.7%	2.1%	37.2%	43.5%	7.5%
Costul combustibilului +10%	17.2%	2.7%	29.3%	44.4%	6.4%
Costul combustibilului -10%	12.7%	2.2%	41.9%	39%	4.2%

Se observă că, inițial, înainte de simularea modificării prețurilor, cea mai mare probabilitate de alegere a modului de deplasare a fost mersul pe jos + TPU cu 40,2%, urmat îndeaproape de autoturism cu 38,8%. Probabilitatea de a alege TPU în combinație cu trotineta electrică a fost destul de scăzută (5,1%) și chiar mai mică atunci când este vorba de trotineta electrică singură (2,4%). O scădere a tarifului trotinetelor electrice cu 10% ar crește probabilitatea de utilizare a acestora, dar nu cu mai mult de câteva procente (9,4% în combinație cu TPU și 3,9% pentru utilizare fără TPU).

## 4.4.5.2. Disponibilitatea de plată (Willingness-to-Pay) pentru trotinetele electrice

Conceptul de disponibilitate de plată (“Willingness-to-Pay” - WTP) reprezintă un indicator pentru diverse politici sau opțiuni de produs sau serviciu, despre cât de mult sunt dispuși respondenții să plătească pentru un serviciu sau produs. Se dorește determinarea disponibilității de plată a locuitorilor din Iași pentru utilizarea trotinetei electrice, calculând valoarea timpului de deplasare. Pentru a putea determina valoarea VTT a fost nevoie de o anchetă de preferințe declarate. Au fost alese două atribute și câte 3 niveluri pentru fiecare, conform tabelului 4.13.

Tab. 4.13 Nivelurile atributelor durată și cost de deplasare

Atribut	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Timpul deplasării	65 min	60 min	55 min
Costul deplasării	9 RON	12 RON	15 RON

Pentru a genera combinații unice de alternative cu niveluri diferite ale atributelor, se folosește metoda combinatorială în Matlab, apelând funcția “combnk”. Se generează 6 combinații de alternative diferite dintre care fiecare respondent va trebui să aleagă. Cele două moduri de deplasare analizate sunt mersul pe jos + TPU (alternativa de bază) și trotineta electrică + TPU (noua alternativă studiată), cu diferite niveluri ale atributelor (figura 4.26).

Ce ați alege pentru o deplasare către muncă dintre următoarele variante?

Mers pe jos + TPU:      89 minute - 4 lei

Trotineta electrică + TPU :   65 minute - 9 lei

Fig. 4.26 Exemplu de întrebare din ancheta de preferințe declarate

În modelele liniare simple, valoarea VTT este calculată ca raportul dintre coeficienții estimați ai parametrilor legați de timpul de călătorie și costul călătoriei, menținând toate celelalte constante.

Funcția de utilitate ia următoarea formă:

$$U_i = \beta_{dd}DD + \beta_{cd}CD + \varepsilon \quad (4.26)$$



unde  $\beta_{dd}$  și  $\beta_{cd}$  sunt coeficienții ce trebuie estimați.

Coeficienții au fost calculați prin maximizarea funcției de probabilitate, folosind programul Matlab, apoi au fost folosiți în următoarea formulă, pentru a obține valoarea timpului de deplasare:

$$VTT = \frac{\beta_{dd}}{\beta_{cd}} * 60 \text{ [RON/oră]} \quad (4.29)$$

Aplicând formula 4.29 pentru coeficienții determinați, rezultă o valoare VTT de 8 RON/oră pentru deplasarea către muncă și de 6 RON/oră pentru deplasările neobligate. Conform literaturii pe această tematică, o estimare rezonabilă a valorii medii a timpului de deplasare este de aproximativ jumătate din valoarea timpului bazată pe salariu (Brownstone et al., 2003). Pentru orașul Iași, considerând salariul mediu net al locuitorilor (3776 RON/lună) raportat la un număr de 40 de ore de lucru pe săptămână, rezultă o medie a valorii salariului pe oră de 21,78 RON/h. Raportat la determinările făcute anterior, se trage concluzia că valoarea timpului de deplasare pentru muncă (8 RON) reprezintă 36,7 % din valoarea salariului pe oră, iar valoarea timpului de deplasare neobligată (6 RON) doar 27,5%. Procentele obținute pentru orașul Iași se situează la limita inferioară a plajei de rezultate din literatura de specialitate.

#### 4.4.5.3. Analiză de impact asupra mediului a trotinetelor electrice

În continuare, se dorește determinarea impactului asupra mediului al substituirii diverselor moduri de deplasare cu trotineta electrică de închiriat, cu scopul deplasării pentru muncă. Se extrag procentele folosirii diverselor moduri din ancheta de preferințe observate (figura 4.21) și se raportează la numărul de angajați. Anterior, s-a determinat că orașul Iași avea în anul 2022 un număr de 184637 de angajați. Tabelul 4.16 sintetizează procentele fiecărui mod, dar și numărul de persoane corespunzător fiecărei categorii.

Tab. 4.16 Procente și număr efectiv de persoane care folosesc modurile de deplasare

Mod de deplasare	Procent de utilizare din anchetă [%]	Număr utilizatori din total salariați
Pe jos	10,6	19571
Cu TPU	43,7	80686
Autoturism	40	73854
Altele	5,7	5998

Analizând răspunsurile din ancheta de preferințe observate, se constată că, în total, 83,7% din călătorii sunt efectuate cu moduri de deplasare motorizate, pentru care se poate calcula gradul de emisii de CO<sub>2</sub>. Pentru a putea estima aceste emisii corespunzătoare deplasărilor de muncă, trebuie calculat numărul total de kilometri efectuați de eșantionul ales pe parcursul unui an de fiecare mijloc de deplasare, și înmulțit cu factorul specific al emisiilor CO<sub>2</sub> (ecuația 4.30).

$$ECO_2 = \sum_i (\sum_j D_{i,j} * Nt_j) * EF_i \quad (4.30)$$

unde:

ECO<sub>2</sub> sunt emisiile de dioxid de carbon anual generate de modurile de deplasare motorizate

D<sub>i,j</sub> sunt distanțele în km parcurse de fiecare mod de deplasare i pentru fiecare călătorie j

Nt<sub>j</sub> este numărul anual de efectuări ale deplasării j

EF<sub>i</sub> este factorul specific al emisiilor CO<sub>2</sub> pentru fiecare mod de deplasare i (Bertolin et al., 2019).

Se folosesc valorile emisiilor brute ale fiecărui mod de deplasare din Reck et al. (2020) și se calculează cantitatea de emisii de CO<sub>2</sub> anuală pentru fiecare mod de deplasare:

- pentru mers pe jos + TPU: ECO<sub>2</sub> TPU = 23 kTone CO<sub>2</sub>,
- pentru autoturism: ECO<sub>2</sub> AUTO = 39,5 kTone CO<sub>2</sub>,
- trotinetă electrică: ECO<sub>2</sub> TE = 2,5 kTone CO<sub>2</sub>,
- trotinetă electrică+TPU: ECO<sub>2</sub> TE+TPU = 1,8 kTone CO<sub>2</sub>.

Este evident că modul de deplasare cu autoturismul poluează în cea mai mare măsură. Considerăm din nou 3 scenarii de schimbare modală, și anume adoptarea modului de deplasare intermodală alcătuit din trotinetă electrică și TPU în procente de 10, 15 și 20%, substituind 50% din aceste procente deplasări cu autoturismul și 50% deplasări pe jos + TPU. Refăcând calculele, se obțin următoarele rezultate (tabelele 4.18, 4.19 și 4.20).

Tab. 4.18 Scenariu de substituire autoturism cu trotineta electrică + TPU – 10%

Mod de deplasare	Repartiție actuală [%]	Cantitate emisii actuale [CO <sub>2</sub> /pkm]	Repartiție după substituție 10% [%]	Cantitate emisii rezultată [CO <sub>2</sub> /pkm]
Mers pe jos	10,6	0	10,6	0
Mers de jos + TPU	43,7	23 kTon	38,7	20,3
Autoturism	40	39 kTon	35	34,5
Trotinetă electrică + TPU	5,7	1,8 kTon	15,7	8,7
Total	100	63,8 kTon	100	63,5 kTon

Tab. 4.19 Scenariu de substituire autoturism cu trotineta electrică + TPU – 15%

Mod de deplasare	Repartiție actuală	Cantitate emisii actuale	Repartiție după substituție 15%	Cantitate emisii rezultată
Mers pe jos	10,6	0	10,6	0
Mers de jos + TPU	43,7	23 kTon	36,2	19
Autoturism	40	39 kTon	32,5	32,1
Trotineta electrică + TPU	5,7	1,8 kTon	20,7	11,5
Total	100	63,8 kTon	100	62,6 kTon

Tab. 4.20 Scenariu de substituire autoturism cu trotineta electrică + TPU – 20%

Mod de deplasare	Repartiție actuală	Cantitate emisii actuale	Repartiție după substituție 20%	Cantitate emisii rezultată
Mers pe jos	10,6	0	10,6	0
Mers de jos + TPU	43,7	23 kTon	33,7	17,7
Autoturism	40	39 kTon	30	29,6
Trotineta electrică + TPU	5,7	1,8 kTon	25,7	14,3
Total	100	63,8 kTon	100	61,6 kTon

Avem, așadar, o scădere a cantității totale de emisii de CO<sub>2</sub> odată cu adoptarea trotinetei electrice, scădere provenită din înlocuirea deplasărilor cu autoturismul. Înlocuirea deplasărilor pe jos adaugă, de fapt, emisii la nivelul de poluare, de aceea este de preferat ca utilizatorii de autoturisme să vadă o oportunitate în acest nou mod de deplasare intermodală, ci nu neaparat cei care foloseau mersul pe jos. Chiar și considerând o substituire de 50% a deplasărilor cu autoturismul și 50% a mersului pe jos, rezultă o reducere cu 300 tone CO<sub>2</sub> pe an în cazul creșterii utilizării trotinetei electrice + TPU cu 10%, 1200 tone CO<sub>2</sub> pe an pentru 15% și 2200 tone CO<sub>2</sub> pe an pentru o creștere cu 20%. Pentru a ne imagina cât înseamnă o tonă de CO<sub>2</sub>, ne putem imagina un cub cu laturile egale cu un stâlp de telefon. Atât ocupă o tonă metrică, deoarece aceasta este unitatea de măsură folosită de specialiști pentru măsurarea cantității de CO<sub>2</sub> (MIT Climate Portal).

## 5. CONSIDERAȚII FINALE

### 5.1 Concluzii

Teza de doctorat și-a propus, fără să aibă aspirații de perfecțiune, să studieze dinamicile mobilității urbane cotidiene, metode de estimare ale acestora, indicatori de accesibilitate, tehnici avansate de determinare a comportamentului de mobilitate, dar și soluții moderne pentru consolidarea sustenabilității.

În cele ce urmează sunt expuse succint principalele demersuri, reflecții și constatări relevante ale cercetării întreprinse pentru elaborarea tezei de doctorat:

1. Utilizarea terenului și sistemul de transport sunt indispensabile unul altuia și există o nevoie crescândă de a fi integrate cu scopul de a obține un mediu sustenabil.
2. Succesul sondajelor legate de deplasările indivizilor, cu scopul obținerii informațiilor necesare pentru luarea deciziilor, necesită ca metodele de anchetă să se adapteze continuu la noile tehnologii. Diferitele tehnologii și concepte moderne se pot interconecta și pot fi utilizate împreună pentru o colectare securizată de date de la sistemul GPS al vehiculelor. Blockchain, tehnologia de registre distribuite, își propune să ofere un mediu sigur, de încredere și scalabil pentru a satisface aceste nevoi.
3. Cererea de deplasare ar trebui să crească în favoarea transportului public, mersului pe jos, cu bicicleta sau cu trotineta, ci nu prin folosirea autoturismului.
4. Conceptul de mobilitate-ca-serviciu (MaaS) oferă flexibilitatea necesară, ținând cont de tendința actuală de cerere de deplasare. Acesta permite utilizatorilor să-și planifice și să-și organizeze propriile călătorii pentru confortul lor, oferind soluții personalizate de mobilitate hiper-convenabilă.
5. Tendința actuală în opțiunile de mobilitate este de completare a transportului public urban cu trotinete electrice de închiriat.
6. Elaborarea politicilor de transport ar trebui să acorde o atenție sporită orașelor mici într-un cadru de planificare regională, bine coordonat cu elaborarea politicilor din industrie și alte politici publice.

## 5.2. Contribuții originale

Studiul amănunțit și riguros al referințelor bibliografice din domeniu, publicarea unor articole în reviste naționale și internaționale, participarea la conferințe interne și internaționale, dar și participarea la proiecte europene de pregătire în vederea dobândirii de competențe de cercetare aplicativă, cu practică la agenți economici privați din domeniul transporturilor, mă îndreptătesc să consider următoarele contribuții:

1. Realizarea unei sinteze asupra stadiului actual al cercetărilor în domeniile conexe temei de cercetare și a principalelor rezultate ale acestora, fără pretenția de exhaustivitate.
2. Prezentarea oportunităților oferite de modelarea integrată amenajarea teritoriului/transport (LUTI), principalele tipuri de modele LUTI, dar și dificultățile în aplicarea acestora.
3. Examinarea scenariilor de evoluție a mobilității pe termen mediu și lung, cu accent pe conceptele de oraș și mobilitate sustenabile.
4. Evaluarea principalelor metode și tehnici avansate pentru colectarea datelor necesare estimării mobilității. Sunt analizate sisteme evaluate de colectare a datelor.
5. Conceperea unui model de anchetă de deplasare bazată pe autovehiculele moderne și integrarea diferitelor tehnologii avansate, precum TCU, IoT/IoV, V2X, 5G și blockchain.
6. Realizarea unui studiu de caz pentru orașul Iași, ce urmărește determinarea gradului de acceptare și adoptare de către locuitori a trotinetelor electrice de închiriat, ca soluție pentru reducerea congestiei și poluării. Contribuțiile originale aduse în studiul de caz sunt:
  - Determinarea indicatorilor de accesibilitate pentru orașul Iași, prin diverse tehnici și metode, urmărind în special nivelul de accesibilitate al locuitorilor de la periferii; metoda principală a fost calcularea izocronelor în zonele periferice, folosind programul QGIS. Astfel, au putut fi comparate izocronele generate pentru mersul pe jos cu cele care luau în calcul folosirea unei trotinete electrice de închiriat ca mod de acces până la cea mai apropiată stație de transport în comun;
  - Colectarea datelor cu ajutorul unui chestionar online, realizat în aplicația Google Forms și postat pe diferite grupuri de Facebook specifice orașului Iași, pentru asigurarea gradului de diversitate al participanților;

- În comparație cu cele mai relevante studii pe acest subiect, această cercetare îmbunătățește prin integrarea unei funcții unice de utilitate pentru opțiunea de călătorie intermodală cu trotineta electrică și TPU; aceste funcții au fost integrate în modelul Logit Multinomial și calculate de software-ul Matlab;
- Funcțiile de utilitate au fost construite cu numărul maxim de variabile dependente, pentru a putea acoperi cât mai mulți factori de influență ai utilității;
- Interpretarea coeficienților variabilelor implicate în funcțiile de utilitate ale modurilor de deplasare;
- Analizarea unor politici tarifare pentru trotinetele electrice de închiriat, prin recalcularea probabilităților de alegere a modurilor de deplasare în cazul creșterii/scăderii tarifelor de utilizare pentru fiecare mod considerat;
- Estimarea disponibilității-de-plată („Willingness-to-Pay” - WTP) a locuitorilor orașului Iași pentru reducerea duratei de deplasare;
- Estimarea impactului asupra mediului generat de substituirea unor moduri de deplasare prin adoptarea trotinetei electrice de închiriat, cu scopul deplasării pentru muncă;

### ***5.3 Direcții de continuare a cercetării***

Drept urmare a stabilirii stadiului actual al cercetărilor din domeniu și a rezultatelor obținute în special în studiul de caz, se conturează următoarele recomandări și direcții pentru cercetări viitoare:

- Cercetări care permit monitorizarea aspectelor cu caracter de incertitudine;
- Folosirea anchetelor modale mixte pentru a obține datele necesare anchetatorului;
- Pentru studiile viitoare, se recomandă o anchetă de deplasare bazată pe tehnologia GPS integrată în trotinetele electrice de închiriat.
- Gradul de adoptare a trotinetelor electrice, luat în considerare și în contextul intermodal, ar trebui studiat periodic, deoarece are multe șanse să crească.
- În studiile asupra politicilor de deplasare/transport, este necesară o viziune mai largă a conceptului de VTT, luând în considerare importanța „bunăstării” subiective și a tuturor factorilor care pot influența experiența unei călătorii (confortul, siguranța etc.).

## BIBLIOGRAFIE (Selectie)

1. Abbasi, A., T.H. Rashidi, T.H., *Human urban mobility, personal or global?*, in TRANSPORTATION LETTERS, Vol. 13, No. 2, pp. 77-82, 2021
2. Acheampong, R., Silva, Elisabete, *Land use–transport interaction modeling: A review of the literature and future research directions*, 2014
3. Aditjandra, P.T., Mulley, C., Nelson, J.D., *The influence of neighborhood design on travel behavior: Empirical evidence from North East England*, Transport Policy, Vol. 26, pp. 54–65, 2013
4. Aifadopoulou, Georgia, Konstantinidou, Maria, Boufidis, N., Salanova Grau, Josep Maria, Ex Post Estimation of Value-of-Time and Willingness to Pay for Shared Transport Services in Thessaloniki\*, 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2020. DOI: 10.1109/ITSC45102.2020.9294603
8. Armoogum, J., Tebar, J., Christian, M., Garcia, B., Nguyen, C., Rendina, M.H., *Rapport de synthèse : Méthodologie afin de mesurer la mobilité régionale : élaboration d'une enquête régionale, Champs sur Marne, Franța*, 2018
9. Awad-Núñez, S., Julio, R., Gomez, J., Moya-Gómez, B., Julián Sastre González, J.S., *Post-COVID-19 travel behaviour patterns: impact on the willingness to pay of users of public transport and shared mobility services in Spain*, 2021
10. Axhausen, K., *COVID-19 and the dilemma of transport policy making*, ETH Zurich, 2021
11. Bajpai, J., *Emerging vehicle technologies & the search for urban mobility solutions*, Urban Planning and Transport Research, Vol. 4, No. 1, pp. 83-100, 2016
12. Bakogiannis, E., Vlastos, T., Athanasopoulos, K., Vassi, A., *Exploring motivators and deterrents of cycling tourism using qualitative social research methods and participative analytical hierarchy process (AHP)*, Sustainability, Vol. 12, Nr. 6, 2020. DOI: 10.3390/su12062418
13. Banister, D., *POSSUM (Policy Scenarios for Sustainable Mobility)*, 1998
14. Banister, D., Hickman, R., *Transport futures: Thinking the unthinkable*, Transport Policy, Vol. 29, pp. 283-293, 2013. DOI:10.1016/j.tranpol.2012.07.005
17. Barreto, L., Amaral, A., Baltazar, S., *Urban Mobility Digitalization: Towards Mobility as a Service (MaaS)*, International IEEE Conference on Intelligent Systems (IS), 2018. DOI: 10.1109/IS45088.2018
19. Basu, R., Ferreira J., *A LUTI microsimulation framework to evaluate longterm impacts of automated mobility on the choice of housing-mobility bundles*, 2020

21. Bertolin, A., Tolentino, S., Beria, P., Perotto, E., Guerreschi, F.C., Baglione, P., Caserini, S., *Assessing the Impact of Changes in Mobility Behaviour to Evaluate Sustainable Transport Policies: Case of University Campuses of Politecnico di Milano*, 2019
23. Bonnel, P., *Prevision de la demande de transport*, Raport prezentat în vederea obținerii diplomei de abilitare pentru conducător de doctorat, Universite Lumiere, Lyon 2, 2001
26. Brandi, Adrienne, Gori, S., Nigro, Marialisa, Petrelli, M., *Development of an integrated transport-land use model for the activities relocation in urban areas*, Italy, July 2014
27. Brownstone, D., Ghosh, A., Golob, T., Kazimi, Camilla, Van Amelsfort, D., Driver's willingness-to-pay to reduce travel time: evidence from the San Diego I-15 congestion pricing project, *Transportation Research Part A*, Vol. 37, pp. 373-387, 2003
29. Cao, J., Tu, W., Cao, R., Cao, Q., Chen, G., Li, Q., *Untangling the association between urban mobility and urban elements*, *Geo-spatial Information Science*, Wuhan University, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2157761>
30. Capponi, A., Fiandrino, C., Kantarci, B., Foschini, L., Kliazovich, D., Bouvry, P., *A Survey on Mobile Crowdsensing Systems: Challenges, Solutions, and Opportunities*, 2019
31. Ceder, A., *Urban Mobility and Public Transport: Future Perspectives and Review*, *International Journal of Urban Sciences*, Vol. 25, No. 4, pp. 455-479; 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/12265934.2020.1799846>
32. Chibane, S.R., Gwiazdzinski, L., *L'apport des nouvelles technologies de géolocalisation dans l'observation, la représentation et l'analyse des pratiques et comportements de mobilité. L'exemple de la marche à Grenoble*, 2014
33. Choi, S., Kwak, K., Yang, S., Lim, S., Woo, J., *Effects of policy instruments on electric scooter adoption in Jakarta, Indonesia: A discrete choice experiment approach*, *Economic Analysis and Policy*, Nr. 76, pp. 373-384, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.08.015>
34. Choujaa, D., Dulay, N., *Activity inference through sequence alignment. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2009
35. Christoforou, Z., De Borli, A., Gioldasis, C., Seidowsky, R., *Who is using e-scooters and how? Evidence from Paris*, 2021
36. Clifton, K., Muhs, C., *Capturing and representing multimodal trips in travel surveys*, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2285(1), pp. 74-83, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3141/2285-09>



39. Cottrill, C., Pereira, F., Zhao, F., *The Future Mobility Survey: Experiences in developing a smartphone-based travel survey in Singapore*, Singapore-MIT Alliance for Research and Technology, Future Urban Mobility, Singapore, 2015
41. Crist, P., *The Innovative Mobility Landscape. The case of Mobility as a Service*, International Transport Forum, 2021
42. Danielis, R., Rotaris, Lucia, Monte, Adriana, *Composite indicators of sustainable urban mobility: Estimating the rankings frequency distribution combining multiple methodologies*, International Journal of Sustainable Transportation, Vol. 12, No. 5, pp. 380-395, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1377789>
45. Dragu, V., Roman, V.C., Roman, Eugenia Alina, *Acțiuni Asupra Cererii de Transport Orientate Către o Mobilitate Urbană Durabilă*, Buletinul Agir, nr. 2/2014, <https://www.buletinulagir.agir.ro/articol.php?id=2100> [Accesat 19/07/2023]
46. Esztergar-Kiss, D., Tordai, D., Lizarraga, J., *Assessment of travel behavior related to e-scooters using a stated preference experiment*, Elsevier, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 166, pp.389-405, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.11.010>
47. Fearnley, N., Berge, S.H., Johnsson, E., *Patterns of e-scooter use in combination with public transport*, Oslo, Norway, 2020
49. Feltus, C., Imeri, A., Faye, S., Arnould, G., Khadraoui, D., *Integrated Sectorial Business Platform for Multimodal Cross Border Mobility*, Luxembourg, 2019
51. Ferrer, S., Ruiz, T., *Travel behavior characterization using raw accelerometer data collected from smartphones*, XI Congreso de Ingeniería del Transporte, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, 2014
53. Gao, J., Agyekum, O., Sifah, E.B., Acheampong, K.N., Xia, Q., Du, X., Guizani, M., Xia, H., *A Blockchain-SDN enabled Internet of Vehicles Environment for Fog Computing and 5G Networks*, 2019
54. Garcia, J.R.R., Lenz, G., Haveman, S., Bonnema, G.M., Gedik, B., *State of the Art of Mobility as a Service (MaaS) Ecosystems and Architectures—An Overview of, and a Definition, Ecosystem and System Architecture for electric Mobility as a Service (eMaaS)*, World Electric Vehicle Journal, Vol. 11(1), Nr. 7, 2019. DOI: 10.3390/wevj11010007
56. Ghionea, F., *Transport urban. Fenomenul*, Editura MATRIX ROM, București, România, 2005
58. Gong, L., Kanamori, R., Yamamoto, T., *Data selection in machine learning for identifying trip purposes and travel modes from longitudinal GPS data collection lasting for seasons*, 2017
59. Guzman, L., De la Hoz, D., Monzon, A., *Optimization of Transport Measures to Reduce GHG and Pollutant Emissions Through a LUTI Modeling Approach*, 2016

- 
60. Hamadneh, J., Jaber, A., *Modeling of intra-city transport choice behaviour in Budapest, Hungary*, Journal of Urban Mobility, Vol. 3, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100049>
61. **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, *Urban Mobility Scenario Evaluation in a post-COVID-19 Era*, Journal of Engineering Sciences and Innovation, Civil Engineering and Transport Engineering, ed. AGIR, Vol. 6, Nr. 4, pp. 431-448, 2021
62. **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, *Modern Data Collection Techniques for Travel Surveys*, SSRN Open-Access Online, 2022. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4017140> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4017140>
63. **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, *Methods to estimate urban accessibility in a medium size city. Case of Iași, Romania*, Buletinul UPB, U.P.B. Sci. Bull., ISSN 1454-2358, Series D, Vol. 85, Nr. 2, 2023
64. **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, *Estimating Travel Demand With a Multimodal Transport Model Including e-Scooters in Iași, Romania*, PROMET – Traffic&Transportation, Vol. 35, Nr. 3, pp. 349-363, 2023. <https://doi.org/10.7307/ptt.v35i3.182>
65. **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, Stere, Ș., *The future of LUTI models*, New Horizons Conference, Dobož, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, 26-27 septembrie 2021. [http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wp-content/uploads/2022/02/SF\\_NH21-Zbornik-radova.pdf](http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wp-content/uploads/2022/02/SF_NH21-Zbornik-radova.pdf)
67. Heyns, W., Van Jaarsveld, S., *Transportation modelling in practice: connecting basic theory to practice*, 2017
68. Huntzinger, L., Donnelly, R., *Reconciliation of Regional Travel Model and Passive Device Tracking Data*, Transportation Research Board, Conference „Transportation Research Board 93rd Annual Meeting”, Washington DC, 2014. <https://trid.trb.org/view/1287620> [Accesat 15/06/2023]
69. Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A., *Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory*, 2007
71. James, O., Swiderski, J., Hicks, J., Teoman, D., Buuehler, R., *Pedestrians and E-Scooters: An Initial Look at E-Scooter Parking and Perceptions by Riders and Non-Riders*, Virginia, US, 2019
74. Jie, F. et al., *Factors affecting the adoption of shared mobility systems: Evidence from Australia*, Elsevier. Research in Transportation Business & Management, Vol. 41, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100651>
75. Johansen, B.G., Hansen, W., Tennøy, A., *Evaluation of models and methods for analyzing the interaction between land-use, infrastructure and traffic demand in urban areas*, 2015
76. Kagerbauer, M., Hilgert, T., Schroeder, O., Vortisch, P., *Household travel survey of intermodal trips – Approach, challenges and comparison*, Karlsruhe, Germany, 2015
77. Kilani, M., Diop, N., De Wolf, D., *A Multimodal Transport Model to Evaluate Transport Policies in the North of France*, 2022

79. Krygsman, S., *Activity and travel choice(s) in multimodal public transport systems*, 2004
82. Liu, L., Zhenga, H., Fengb, T., Yuanb, S., Lub, H., *Post-processing procedures for passive GPS based travel survey*, 2013
83. Liu, Y., Chen, J., Wu, W., Ye, J., *Typical Combined Travel Mode Choice Utility Model in Multimodal Transportation Network*, Sustainability, Vol. 11, Nr. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020549>
84. Lixandriou, Elena-Claudia, **Harpalete, Ovidiu-Laurențiu**, *Transport Network Modelling by Bond Graph*, 6th IFAC International Conference on Intelligent Control and Automation Sciences, 13-15 iulie 2022, Cluj-Napoca, România. <https://ifac.papercept.net/conferences/scripts/abstract.pl?ConfID=475&Number=31>
85. Lopez-Ruiz, H., Crozet, Y., *Sustainable transport in France: Is a 75% reduction in CO2 emissions attainable?*, 2010
88. May, A.D., Jopson, A.F., Matthews, B., *Research challenges in urban transport policy*, Transport Policy, Nr. 10, pp. 157-164, 2003
90. Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N., *Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges*, 2019
91. Mitra, R., Hess, P., *Who are the potential users of shared e-scooters? An examination of socio-demographic, attitudinal and environmental factors*, Toronto, Canada, 2021
94. Mokhtarian, P., Papon, F., Goulard, M., Marco, D., *What makes travel pleasant and/or tiring? An investigation based on the French National Travel Survey*, New York, 2014
95. Naumov, V., *Modeling Demand for Passenger Transfers in the Bounds of Public Transport Network*, Krakow, Poland, 2019
96. Nguyen-Luong, D., Faisabilité d'une Enquête Globale Transports (EGT) intégrale par association d'un GPS, d'un SIG et d'un Système expert en Île-de-France, Rapport final, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Île-de-France (IAU îdF), 2012
97. Nian, G., Peng, B., Sun, D., Ma, W., Peng, B., Huang, T., *Impact of COVID-19 on Urban Mobility during Post-Epidemic Period in Megacities: From the Perspectives of Taxi Travel and Social Vitality*, 2020
98. Niu, F., Li, J., *An activity-based integrated land-use transport model for urban spatial distribution simulation*, 2019
99. Nykl, J., Jakob, M., Hrnčir, J., *Efficient Fine-grained Analysis of Urban Transport Accessibility*, Smart Cities Symposium Prague, 2015
101. Ortuzar, J., Willumsen, L., *Modelling Transport*, United Kingdom, 2011

103. Parvathy, R., Bindhu, B.K., Sanjay, K., *Public Transport Accessibility Index for Thiruvananthapuram Urban Area*, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Vol. 7, Nr. 4, 2013
104. Patterson, Z., Fitzsimmons, K., *DataMobile Smartphone Travel Survey Experiment*, 2016
105. Poli, C., *Mobility and environment. Humanists versus engineers in urban policy and professional education*, Springer Dordrecht Heidelberg London, UK, 2011
106. Popa, Mihaela, *Economia transporturilor*, Ed. Politehnica Press, București, Romania, 2009
107. Raicu, Ș., Popa, Mihaela, *Transporturile și amenajarea teritoriului - accesibilitate și atractivitate*, Buletinul AGIR, Nr. 4/2009
108. Raicu, Ș., Costescu, Dorinela, *Mobilitatea, Transportul și Traficul – Teme Majore ale Dezvoltării Durabile*, Buletinul AGIR, Lucrările celei de-a VIII-a ediții a Conferinței anuale a ASTR, 2014. <https://www.agir.ro/buletine/2032.pdf> [accesat 21/05/2023]
109. Raicu, Ș., Costescu, Dorinela, *Interacțiuni dinamice “mobilitate – urbanism”*, Buletinul AGIR, nr. 2/2014. <https://www.agir.ro/buletine/2098.pdf> [Accesat 19/07/2023]
111. Raicu, Ș., Costescu Dorinela, *Mobilitate. Infrastructuri de trafic*, Editura Agir, Bucuresti, 2020
113. Reck, D., Martin, H., Axhausen, K., *Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 102, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103134>
114. Renner, C.Z., Nicolaiy, T., Nagelz, K., „Agent-based land use transport interaction modeling: state of the art”, 2014
115. Rodrigue, J.P., *Parallel modeling and neural networks: an overview for transportation/land use systems*, Transportation Research C, Vol. 5, Nr. 5, 1997
116. Rodrigue, J.P., *The Geography of Transport Systems*, New York, 2020
118. Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L., *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management*, 2019
119. Saghapour, T., Moridpour, S., Thompson, R., *Public transport accessibility in metropolitan areas: A new approach incorporating population density*, Journal of Transport Geography, 2013
120. Sanders, R., Branion-Calles, M., Nelson, T., *To scoot or not to scoot: Findings from a recent survey about the benefits and barriers of using E-scooters for riders and non-riders*, Tempe, United States, 2020
121. Saujot, M., de Lapparent, M., Arnaud, Elise, Prados, E., *Making Land Use-Transport models operational tools for planning: from a top-down to an end user approach*, 2016
122. Sharma, B., Hickman, M., Nassir, N., *Park-and-ride lot choice model using random utility maximization and random regret minimization*, Brisbane, Australia, 2017

123. Shokouhyar, S., Shokoohyar, S., Sobhani, A., Gorizi, A.J., *Shared mobility in post-COVID era: New challenges and opportunities*, Elsevier, Sustainable Cities and Society, Vol. 67, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102714>
124. Song, Y., Fu, Y., Yu, R., Zhou, Z., *Blockchain-Enabled Internet of Vehicles With Cooperative Positioning: A Deep Neural Network Approach*, 2020
127. Stephen, J., Townsend T., Estimation of value of travel time in Trinidad and Tobago”, The International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (IConETech-2020), Faculty of Engineering, The UWI, St. Augustine, 2020
128. Stere, Ș., **Harpalete Ovidiu-Laurențiu**, *Transport demand modelling in networks with flows consolidation*, New Horizons Conference, Doboj, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, 26-27 septembrie 2021. [http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wp-content/uploads/2022/02/SF\\_NH21-Zbornik-radova.pdf](http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wp-content/uploads/2022/02/SF_NH21-Zbornik-radova.pdf)
129. Stopher, P., Greaves, S., *Household travel surveys: where are we going?*, The University of Sydney, 2006
133. Tillema, F., *Calibration of a conceptual LUTI model based on neural networks*, 2016
136. Tuncer, S., Brown, B., *E-scooters on the Ground: Lessons for Redesigning Urban Micro-Mobility*, Honolulu, USA, 2020
138. Vaidian, Iulia, Azmat, M., Kummer, S., *Impact of Internet of Things on Urban Mobility*, Innovation Arabia 12, Health and Environment Conference, 2019
139. Van Audenhove, F.-J., Korniiichuk, O., Dauby, L., Pourbaix, J., Arthur D. Little, *Future of urban mobility 2.0. Imperatives to shape extended mobility ecosystems of tomorrow*, 2014
141. Wagner, D.P., *Lexington Area Travel Data Collection Test: GPS for Personal Travel Surveys*, Final Report for OHIM, OTA, and FHWA, USDOT, 1997
142. Wang, Y., Monzon, A., Di Ciommo, Florida, *Assessing the accessibility impact of transport policy by a land-use and transport interaction model – The case of Madrid*, 2014
143. Wang, Z., He, S., *Applying mobile phone data to travel behaviour research: A literature review*, 2017
144. Wegener, M., *Overview of land-use transport models*, 2004
145. Wolf, J., *Advances in the Application of GPS to Household Travel Surveys*, 2004
146. Zhang, J., Hayashi, Y., Frank, L., *COVID-19 and transport: Findings from a world-wide expert survey*, 2021