



Universitatea POLITEHNICA din București  
FACULTATEA TRANSPORTURI  
Școala Doctorală TRANSPORTURI

Domeniul de Doctorat  
INGINERIA TRANSPORTURILOR

Decizie CSUD – UPB nr. 879 din 8.07.2022

## **REZUMAT**

### TEZA DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA CALITĂȚII  
TRANSPORTULUI PUBLIC URBAN DE CĂLĂTORII/  
Research on improving the quality of urban public  
transportation**

Ing. Marian-Alin ȘERBAN

### **COMISIA DE DOCTORAT**

Președinte	Prof.dr.ing. Eugen ROȘCA Universitatea Politehnica din București
Conducător de doctorat	Prof.dr.ing. Mihaela POPA Universitatea Politehnica din București
Referent	Prof.em.dr.ing. Șerban RAICU Universitatea Politehnica din București
Referent	Conf.dr.ing. Luisa-Izabel DUNGAN Universitatea Politehnica din Timișoara
Referent	Prof.dr.ing. Sorin MIHĂILESCU Universitatea din Petroșani

București 2022

## CUPRINS

Lista de figuri	3
Lista de tabele	6
Capitolul 1. NECESITATEA ȘI OPORTUNITATEA TEMEI DE CERCETARE	8
1.1 Introducere	8
1.2. Cercul vicios al declinului urban	10
1.3. Spațiul urban limitat și nevoia de transport urban integrat – rolul transportului public urban de călători	12
1.4. Obiectivele și întrebările de cercetare propuse	16
Capitolul 2. CLARIFICĂRI CONCEPTUALE ȘI STADIUL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIU	18
2.1. Clarificări conceptuale privind calitatea serviciilor de transport	18
2.2 Perspectiva operatorului și cea a utilizatorului în definirea calității în transportul public de călători	21
2.3. Evaluarea calității serviciilor publice de transport urban de călători - reglementări naționale și europene	23
2.4. Nivelul serviciului (LOS) și fiabilitatea serviciului de transport public de călători	27
2.5. Relația între planificarea strategică, tactică și operațională pentru servicii de transport fiabile	30
Capitolul 3. CALITATEA PERCEPUTĂ ÎN TRANSPORTUL PUBLIC URBAN DE CĂLĂTORI	34
3.1 Construirea instrumentului de evaluare a percepției călătorilor	34
3.1.1 Tehnici de colectare a datelor în transporturi	34
3.1.2 Alegerea scării/ scalei de evaluare	36
3.2. Formatul întrebărilor	38
3.3. Întrebări pentru identificarea preferințelor declarate și cele relevate ale călătorilor	40
3.4. Dimensiunea eșantionului și anonimizarea răspunsurilor	42
Capitolul 4. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ NIVELUL DE SATISFAȚIE– DETERMINĂRI PENTRU O ARIE URBANĂ	46
4.1 Introducere	46
4.2 Proiectarea și realizarea anchetei pentru determinarea factorilor care influențează relevant percepția călătorilor	48
4.2.1. Introducere	48
4.2.2 Rezultatele anchetei	51
4.3 Orarul afișat - factor important în calitatea percepută a utilizatorilor	56
4.3.1 Introducere	56
4.3.2 Rezultatele anchetei	56
Capitolul 5. AJUSTAREA ORARIILOR PENTRU OPERARE ROBUSTĂ	64
5.1 Introducere	64
5.2 Achiziția datelor de circulație cu sistemul de localizare automată a vehiculelor și constituirea bazelor de date pentru analiză	65
5.2.1 Sisteme de localizare automată a vehiculelor	65
5.2.2 Selectarea, corelarea și înregistrarea datelor pentru analiza liniei de tip periurban	67

5.2.3. Abaterile de la program	70
5.2.4. Duratele de așteptare în stații	74
<b>5.3. Analiza datelor privind circulația autobuzelor pe o linie de acces către centru</b>	<b>79</b>
5.3.1. Analiza abaterilor de la program	79
5.3.1. Descrierea abaterilor și așteptărilor în stație	79
5.3.2 Distribuția statistică a abaterilor de la program	90
<b>5.4 Analiza datelor privind circulația unei linii de tramvai</b>	<b>93</b>
5.4.1. Metodologia și zona de studiu	93
5.4.2 Caracteristici ale liniei studiate:	93
5.4.3 Ajustări ale programului de circulație planificat cu metoda algoritmilor genetici	94
5.4.4. Concluzii și discuții privind rezultatele	100
<b>5.5. Soluții pentru ajustarea programului de circulație pentru operare robustă</b>	<b>100</b>
Capitolul 6. ÎMBUNĂTĂȚIREA SERVICIILOR INCLUZIVE DE TRANSPORT PUBLIC URBAN DE CĂLĂTORI	103
<b>6.1 Introducere</b>	<b>103</b>
<b>6.2 Metoda de investigare</b>	<b>107</b>
6.2.1 Cadrul normativ privind condițiile tehnice pentru un mijloc de transport adaptat nevoilor de accesibilitate pentru persoane cu dizabilități fizice	107
6.2.2 Reglementări în legislația europeană	108
6.2.3 Selectarea unei linii de transport public urban de călători pentru adaptarea la un serviciu incluziv	110
<b>6.3 Soluții pentru îmbunătățirea serviciilor incluzive de transport public cu autobuzul</b>	<b>110</b>
6.3.1 Modificarea rampei manuale într-o rampă cu acționare electro-hidraulică	110
6.3.2 Adaptarea spațiului interior al autobuzului pentru amenajarea unor locuri suplimentare pentru persoane cu dizabilități fizice	114
6.3.3 Adaptarea serviciului de transport cu autobuzul	114
<b>6.4 Estimarea impactului adaptărilor propuse pentru un transport urban de călători mai inclusiv</b>	<b>117</b>
6.4.1 Impactul adaptării autobuzelor asupra operatorului și utilizatorilor obișnuiți	117
6.4.2 Impactul duratei mai mari de timp datorată unui serviciu de transport incluziv asupra utilizatorilor obișnuiți	117
<b>6.5. Concluzii</b>	<b>118</b>
Capitolul 7. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE	120
<b>7.1 Concluzii finale</b>	<b>120</b>
<b>7.2. Contribuții proprii</b>	<b>124</b>
<b>7.3. Direcții de cercetare viitoare</b>	<b>125</b>
ANEXĂ- Baza de date pentru analiza calității operării pe linii de transport public urban de călători – înregistrări AVL, calculul abaterilor și al așteptărilor în stații relevante	127
BIBLIOGRAFIE	128

## Lista de figuri

Figura 1. 1. Cercul vicios al declinului urban .....	11
Figura 1. 2. Condiții necesare implementării MaaS .....	15
Figura 1. 3. Corelații între obiectivele/ întrebările de cercetare și dezvoltările propuse în teză.....	17
Figura 2. 1. Evaluarea calității serviciilor de transport public urban (TPU) .....	22
Figura 2. 2. Fiabilitatea serviciului în transportul public, planificarea și operarea .....	31
Figura 2. 3. Niveluri de planificare pentru serviciul de transport public.....	32
Figura 3. 1. Etapele realizării unei anchete în transporturi.....	35
Figura 4. 2. Formularul anchetei pentru determinarea factorilor care influențează relevant percepția călătorilor.....	49
Figura 4. 3. Gradul de satisfacție al respondenților privind fiabilitatea programului de circulație .....	54
Figura 4. 4. Gradul de satisfacție al respondenților privind frecvența mijloacelor de transport în comun	54
Figura 4. 5. Gradul de satisfacție al respondenților privind afișarea programului de circulație în stațiile de așteptare .....	55
Figura 4. 6. Formularul chestionarului pentru evaluarea importanței afișării orarului de circulație în stațiile de așteptare .....	59
Figura 4. 7. Repartizarea pe categorii de vârstă a respondenților.....	61
Figura 4. 8. Repartizarea respondenților în funcție de ultima formă de învățământ absolvită.....	61
Figura 4. 9. Repartizarea respondenților în funcție de venitul net lunar .....	62
Figura 4. 10. Repartizarea respondenților în funcție de capacitatea de a conduce un autovehicul .....	62
Figura 4. 11. Repartizarea respondenților în funcție de scopul deplasării .....	62
Figura 5.1. Opțiuni de rapoarte emise de aplicația AVL.....	67
Figura 5. 2. Selectarea datelor de intrare pentru emiterea raportului AVL .....	68
Figura 5.3. Raport AVL, în forma inițială.....	68
Figura 5. 4 Exemplu de program de circulație pentru o stație dată, afișat pe site-ul operatorului .....	70
Figura 5.5. Abateri de la program din cauza plecărilor diferite din stația de capăt și abateri cumulate pe parcurs .....	71
Figura 5. 6. Diagrama calculului întârzierilor, circulației devansate, a celei conform programului și cursele .....	73
Figura 5. 7. Așteptarea minimă și maximă pentru autobuzul k, care circulă conform programului anunțat .....	74
Figura 5. 8. Durate de așteptare în stația Ai, atunci când circulația autobuzului k este realizată/înregistrată cu – t minute devansată față de program .....	74
Figura 5. 9. Durate de așteptare în stația Ai, atunci când circulația autobuzului k este realizată/înregistrată cu + t minute întârziere față de program.....	75
Figura 5. 10. Durate de așteptare în stația Ai, atunci când circulația autobuzului k este suspendată.....	76
Figura 5.11. Durate de așteptare în stația Ai, atunci când mai multe autobuze au abateri de la programul anunțat .....	78



Figura 5. 12. Diferențele de abateri de la program în zilele de lucru, miercuri, joi și vineri, sens impar în stația de interes selectată.....	80
Figura 5.13. Diferențele de abateri de la program în zilele de lucru, miercuri, joi și vineri, sens par în stația de interes selectată.....	81
Figura 5. 14. Diferențe între abaterile de la program între zilele de miercuri ale aceleași luni-mai 2022, sensul impar.....	82
Figura 5.15. Diferențe între abaterile de la program între zilele de miercuri ale aceleași luni, sensul par.....	82
Figura 5.16. Diferențe între abaterile de la program între zilele de vineri ale aceleași luni, sensul impar.....	83
Figura 5.17. Diferențe între abaterile de la program între zilele de vineri ale aceleași luni, sensul par....	83
Figura 5. 18. Abateri de la program în zile de lucru și de sfârșit de săptămână în perioada ian-mai 2022, pentru sensul par, către centrul orașului, în ore de dimineața, în stația de interes selectată. ....	84
Figura 5. 19. Abateri de la program în zile de lucru și de sfârșit de săptămână în perioada ian-mai 2022, pentru sensul impar, către periferie, în ore de după-amiaza, în stația de interes selectată.....	84
Figura 5. 20. Abateri de la program în zile de lucru, în perioada ian-mai 2022, pentru sensul către periferie, în ore de după-amiaza/seara, în stația de interes selectată. ....	85
Figura 5. 21. Abateri de la program în zile de sfârșit de săptămână în perioada ian-mai 2022, pentru sensul, către centrul orașului, în ore de dimineața, în stația de interes selectată. ....	86
Figura 5. 22. Abaterile de la ora programată, în zilele de lucru, perioada ian-mai 2022, sens impar, stația Ai.....	86
Figura 5.23. Frecvența abaterilor de la orele programate pentru circulația în zile de lucru, pentru sens impar, în stația Ai, în perioada ian-mai 2022.....	87
Figura 5. 24. Abaterile de la ora programată de circulație în zile de sfârșit de săptămână, sens impar, în stația Ai.....	87
Figura 5. 25. Frecvența abaterilor de la ora programată, în intervalul de după-amiază/seara, pentru zilele de sâmbătă și duminică, sens impar, în stația Ai, perioada ian-mai 2022.....	88
Figura 5.26. Abaterile de la program și așteptările din cuprinsul zilelor de operare din luna mai 2022, sens impar.....	89
Figura 5.27. Abaterile de la program și așteptările din cuprinsul zilelor de operare din luna mai 2022, sens par.....	89
Figura 5.28. Evoluția abaterilor de la orele programate de circulație, în zilele de lucru, sens par, spre centru, în stația Ap.....	91
Figura 5. 29. Frecvențele abaterilor de la orele din programul de dimineata, zile de lucru, sens par, ian-mai 2022.....	92
Figura 5. 30. Evoluția abaterilor medii de-a lungul liniei 10 în cele 60 săptămâni de studiu.....	94
Figura 5.31. Fluxul de informații necesar ajustării programului de circulație pentru o rețea de servicii	101
Figura 6. 1. Evoluția numărului persoanelor cu dizabilități fizice în perioada 2015-2020.....	103
Figura 6. 2. Repartizarea persoanelor cu dizabilități fizice la nivel național – 31.12.2019.....	104
Figura 6.3. Ponderea privind gradele deficiențelor fizice la adulți.....	105
Figura 6.4. Ponderea privind gradele deficiențelor fizice la copii.....	105
Figura 6.5. Dimensiunile de referință a scaunului cu rotile.....	108
Figura 6.6. Spațiu liber minim rezervat pentru amararea unui scaun cu rotile în autobuz.....	109
Figura 6.7. Rampă automată rabatabilă – vedere 3D.....	111

Figura 6. 8. Rampă automată rabatabilă – vedere laterală 2D.....	111
Figura 6. 9. Rampă automată rabatabilă – vedere 3D .....	112
Figura 6.10. Secțiune transversală a pompei hidraulice .....	112
Figura 6.11. Vedere laterală a rampei deschise, pregătită pentru acces .....	113
Figura 6.12. a) Autobuz urban cu lungime 12m (27 locuri și 1 loc pentru persoane cu dizabilități fizice), b) autobuz adaptat pentru trei locuri pentru persoane cu dizabilități fizice .....	114
Figura 6. 13. Timp necesar pentru accesul persoanelor cu dizabilități fizice utilizând o rampă automată .....	115
Figura 6. 14. Timp necesar pentru accesul utilizatorului persoane cu dizabilități fizice folosind rampa automată .....	116

# Capitolul 1. NECESITATEA ȘI OPORTUNITATEA TEMEI DE CERCETARE

## 1.1 Introducere

Dezvoltarea așezărilor urbane nu poate fi realizată fără contribuția unor *servicii publice de calitate*. Acestea nu mai sunt considerate privilegii ale orașelor și cu atât mai puțin ale orașelor mari, dar buna lor funcționare în marile aglomerații urbane implică obstacole deosebite, a căror dificultate depășește nivelul estimat din simpla creștere a populației deservite.

Deși a dobândit o poziție importantă în cadrul activităților umane, *transportul public urban* continuă să fie și astăzi o problemă în orașele moderne și este subordonat, în general, curentelor politice. Pe plan internațional, tehnicienii, economiștii și organisme de specialitate alertează tot mai mult clasa politică asupra importanței transportului public în amenajarea și utilizarea eficientă a teritoriului, precum și asupra necesității de a analiza această activitate și prin avantajele indirecte de care profită întreaga societate, inclusiv categoriile care nu utilizează acest serviciu (UNDP 2015). Aceste avantaje justifică implicarea autorităților în finanțarea dezvoltării și exploatarea transportului public, a cărui funcționare defectuoasă sau întrerupere temporară poate produce perturbații grave în toate domeniile de activitate.

Creșterea nivelului de congestie a traficului și calitatea slabă a aerului, înregistrată în multe aglomerații urbane, au condus la necesitatea unui *sistem de transport public de încredere* pentru a diminua dependența locuitorilor din orașe de automobilul privat. Transportul public este o alternativă eficientă și ecologică comparativ cu utilizarea individuală a autovehiculelor (Kathuria 2020) (Kouvenhoven 2014) (Ferreeira 2014).

Concentrarea pe interesele pietonilor în deplasările lor zilnice către o stație de transport public sau de la o astfel de stație către locuință, la sfârșitul deplasărilor în acțiunile de planificare urbană poate conduce la creșterea accesibilității urbane a locuitorilor prin diminuarea disconfortului și neplăcerilor cauzate de mersul pe jos. O reducere a utilizării deplasărilor motorizate este bine cunoscut că are influență asupra calității aerului. Soluțiile de fluidizare a traficului rutier și amplasarea și amenajarea unui număr mai mare de parcări devin depășite după o anumită durată de timp când rata de motorizare crește din nou. Concluziv, putem afirma că orașul care se bazează pe mobilitate motorizată și transport rutier ajunge să nu mai fie eficient nici economic, pe lângă agresiunile asupra mediului natural pe care soluțiile îndreptate pe dezvoltarea infrastructurii de trafic rutier le generează.

Transportul public de călători în mediul urban reprezintă o prestație, o activitate utilă, un serviciu, pentru deplasarea călătorilor în spațiu pe trasee prestabilite, cu un orar prestabilit și cunoscut (publicat) și cu tarife prestabilite și cunoscute publicului călător. Tarifele pentru serviciile transportului public pot fi integral sau parțial suportate de utilizatori, sau pot fi suportate de bugetele publice ale comunităților.

Transportul public de călători reprezintă o obligație a autorităților publice locale, regionale sau centrale de a asigura locuitorilor ”dreptul la mobilitate”.

În același timp, transportul public de călători, ca activitate de sine-stătătoare, poate fi inițiată doar în condițiile unui anumit nivel de dezvoltare economică dintr-un spațiu urban, adică acolo unde există posibilitatea unui suport economic din partea ansamblului societății/comunității deservite (numită în literatură ”suportabilitate”) (Gómez-Lobo 2011).

Comunitatea susține dezvoltarea infrastructurii rețelei de transport public, a terminalelor/stațiilor, centrelor de deservire, parcului rulant și tuturor celorlalte elemente necesare funcționării sistemului de transport public prin responsabilitatea pe care a transferat-o către autoritatea publică locală de a asigura accesul la servicii publice de transport.

Dezvoltarea sistemului de transport public de călători se găsește în strânsă intercorelare cu dezvoltarea ansamblului mediului urban, regional sau național pe care îl deservește. Astfel un mediu urban în dezvoltare, cu activități economice și sociale cu intensitate accentuată impune dezvoltarea în consecință a sistemului de transport de călători atât pentru deplasările la locurile de muncă, dar și pentru toate celelalte scopuri pe care le menționează literatura ca fiind semnificative (Popa 2009, Raicu&Costescu 2020): deplasări în scop educațional, comercial/de aprovizionare, dar și cele pentru sănătate sau afaceri. Deplasările în scop recreațional au fost treptat transferate către mobilitatea individuală cu autoturismul, nemaireprezentând un scop de deplasare folosind transportul public de călători.

Structura activităților economice (de exemplu, orașe cu dezvoltare industrială amplasate la periferie) influențează caracteristicile de operare ale sistemului de transport public de călători, concentrând serviciile mai ales la orele pentru intrarea/ieșirea la/de la programul de activitate al uzinelor/fabricilor în celelalte perioade ale zilei parcul de vehicule fiind mai puțin utilizat, pentru cazul exemplului dat.

În situația opusă, a unui oraș cu o structură a activităților economice care are o pondere ridicată asigurată de servicii (administrative, financiar-bancare, turistice, artistice etc) transportul public de călători va oferi servicii uniforme distribuite din punct de vedere al capacităților de transport (în timp și/sau în spațiu) în raport cu nivelul de solicitare/cererea adresată sistemului.

Calitatea serviciilor de transport oferite influențează la rândul său cererea de transport adresată sistemului.

Nemulțumirile călătorilor se regăsesc în aspecte precum: disciplina și comportamentul personalului, programul de circulație al vehiculelor (ritmicitatea, nerespectarea programului de circulație), confortul și securitatea călătorilor (trepidații/denivelări pe calea de rulare, lipsă refugiu, lipsa benzii dedicate pentru autobuze, starea/uzura vehiculelor, poluarea chimică sau fonică a vehiculelor, vibrații, zgomot la frânare, defecțiuni apărute pe traseu, lumina slabă în vehicule/lipsă becuri, lipsa curățeniei în vehicule sau în stațiile de așteptare, supraaglomerarea vehiculelor), informarea călătorilor (necesitatea informării călătorilor înainte de efectuarea călătoriei în legătură cu devierile de traseu, cu lucrările care sunt în execuție etc.). Aceste nemulțumiri, corelate cu posibilități crescute de achiziție a unui autoturism, asociate cu o amenajare urbană precară au condus la niveluri de congestie accentuată.

## 1.2. Cercul vicios al declinului urban

În mediul urban aglomerat, acolo unde activitățile economice au cunoscut o dezvoltare semnificativă, veniturile populației au crescut iar automobilul a ajuns accesibil din punct de vedere financiar pentru tot mai mulți locuitori. Dezvoltarea economică și de aici creșterea veniturilor populației a fost însoțită după al doilea război mondial de inovații tehnologice și manageriale care au dus la creșterea explozivă a numărului de autoturisme fabricate la un preț din ce în ce mai redus. Aceste elemente (creștere economică, creștere a veniturilor, reducerea costului de fabricație însoțită de reducerea prețului combustibililor fosili) s-au constituit în generator al unui *cerc vicios* amplificat de-a lungul ultimelor aproximativ opt decenii.

Putem semnala mai multe etape în constituirea și consolidarea acestui cerc vicios al declinului urban care, din păcate, persistă în multe din marile aglomerări urbane, așa cum se vor descrie în figura următoare.



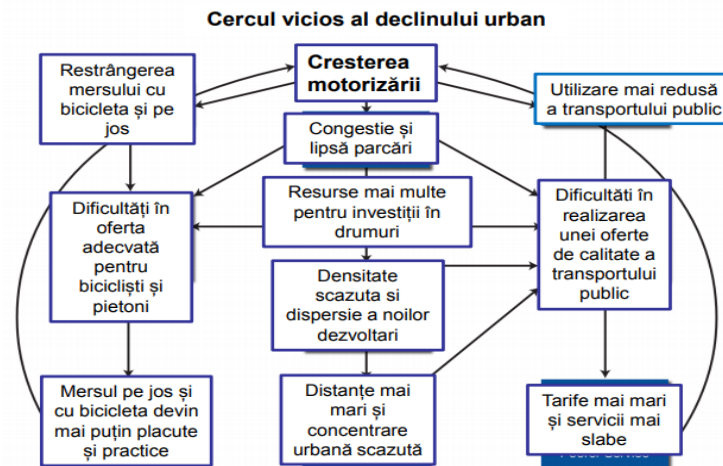


Figura 1. 1. Cercul vicios al declinului urban

(Sursa: Pharoah 1992)

Încercările de a rezolva problemele congestiei traficului rutier motorizat în marile aglomerări urbane au condus la dezvoltarea unor cercetări având caracteristici multidisciplinare, cu rezultate incerte și temporale.

Într-o clasificare a unor dintre cercetările privind identificarea de soluții pentru diminuarea congestiei traficului și a consecințelor acestora, se pot semnală următoarele categorii (dintre care unele vor fi detaliate/adresate mai târziu în cuprinsul tezei) și anume:

1. Soluții de amenajare urbană și periurbană pentru *dezvoltarea imobiliară în corelație cu dezvoltarea infrastructurilor tehnice*, inclusiv a infrastructurii de transport și trafic;
2. Cercetări asupra *infrastructurii rețelei de transport și trafic* din arii urbane congestionate, unde proiectarea intersecțiilor semaforizate și reglarea traficului în intersecții, cu și fără ajustare automatizată a indicațiilor deține o parte importantă. Tot aici se pot încadra cercetările privitoare la infrastructura dedicată pentru transport public de călători (benzi dedicate autobuzelor, linii de tramvai cu bandă exclusivă, benzi pentru biciclete și deplasare nemotorizată sau/și electrică pe două roți) (Costescu et al, 2021);
3. Sistemul de *transport public de călători*, proiectarea rețelei sale pentru a răspunde structurii activităților economice și amplasamentelor acestora în aria urbană, proiectarea serviciilor (linii, stații, orarii, turnusul parcului de vehicule și a conducătorilor de vehicule, amplasare a centrelor de deservire a parcului etc) și fiabilitatea/robustețea acestora etc.;
4. *Integrarea serviciilor de transport public* la diferite niveluri (orarii, tarifare, informații pentru public etc.) și dezvoltarea sistemelor informatice necesare creării unui mediu de utilizare facilă, fără întreruperi între tipurile de sisteme de transport urban și între acestea și noile sisteme de asigurare a mobilității individuale (MaaS - mobility as a Service) (Gkiotsalitis 2022);
5. Alegerea amplasamentului *parcărilor pentru automobile*, conexiunea cu rețeaua stradală, dimensionarea acestora, tipul și nivelul de tarifare pentru utilizarea acestora;
6. Studiul *comportamentelor de mobilitate și proiectarea unor programe educaționale* necesare transformării acestora în comportamente de mobilitate durabilă favorabile deplasărilor fără automobil.
7. Cercetări ample privind *evaluarea impactului transporturilor și traficului asupra mediului socio-economic și natural*, de cele mai multe ori bază a soluțiilor de ameliorare cercetate.

### 1.3. Spațiul urban limitat și nevoia de transport urban integrat – rolul transportului public urban de călători

Nevoia de a crea alternative de deplasare și transport viabile și atrăgătoare pentru utilizatorul de automobil care să fie îndemnat să părăsească utilizarea acestuia în mediul urban congestionat a condus la implementarea unor soluții integrate care sunt denumite generic ”Mobility-as-a Service”-MaaS. Soluțiile de această natură sunt însă doar complementare pentru un serviciu public de calitate.

Utilizarea automobilelor chiar electrice nu rezolvă total nevoia de deplasare a locuitorilor, deoarece vehiculul electric oricât de redus ca dimensiuni, ocupă atât spațiul staatic al orașului cât mai ales spațiul dinamic.

### 1.4. Obiectivele și întrebările de cercetare propuse

Obiectivele cercetării realizate în cadrul studiilor universitare de doctorat, propuse prin tema tezei de doctorat sunt următoarele:

- însușirea și sinteza unor concepte și a reglementărilor din domeniul temei cu referire constantă la vasta bibliografie specifică,
- dezvoltarea competențelor de investigare, analiză, de modelare analitică, pentru:
  - a. identificarea nivelului de satisfacție a călătorilor serviciilor de transport public și a celor mai importanți determinanți ai acestuia prin înregistrări și experimente cantitative,
  - b. caracterizarea serviciului de transport public de călători, pentru diferite tipuri de servicii de transport public (linie de autobuz periferică/de ”alimentare” a serviciilor de tranzit/ de mare capacitate) din punctul de vedere al preciziei operării/respectării orarului,
  - c. propunerea unei metode de adaptare a serviciului pentru respectarea orarului anunțat,
  - d. propunere de soluții pentru un transport public incluziv.

Astfel, întrebările de cercetare la care lucrarea răspunde pot fi formulate după cum urmează:

Q1. Cum se definesc conceptele relevante ale temei de cercetare în literatura de specialitate și în reglementări naționale/europene (calitatea din perspectiva călătorului/operatorului, transportul public urban de călători)?

Q2. Care sunt provocările la care trebuie să răspundă transportul public urban de călători (sau altfel spus, care sunt cerințele adresate transportului public?) La care dintre aceste provocări se adresează soluțiile vizate de tema de cercetare?

Q3. Cum poate fi determinat nivelul de calitate a serviciului de transport public de călători? Ce caracteristici ale calității serviciilor sunt relevante pentru utilizator (călător)?

Q4. Pot fi determinate și care sunt abaterile de la programul afișat pentru o linie de autobuz? Ce variabilitate au?

Q5. Pot fi determinate duratele de așteptare în stație? Care este variabilitatea acestora și cum pot fi determinate?

Q6. Cum poate fi adaptată operarea pe linie pentru un serviciu robust (care respectă orarul fixat)?

Q7. Cum poate fi adaptat un serviciu de transport public urban pentru a fi inclusiv pentru un călător cu dizabilități motorii? Pot fi determinate și care este impactul unor servicii de transport public mai incluzive asupra operatorului, dar și asupra călătorilor obișnuiți?

Răspunsurile la cele șapte întrebări de cercetare formulate sunt complexe și se regăsesc într-un capitol/secțiune a tezei sau în mai multe.

## Capitolul 2. CLARIFICĂRI CONCEPTUALE ȘI STADIUL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIU

### 2.1. Clarificări conceptuale privind calitatea serviciilor de transport

Corespunzător primelor definiții ale calității (Juran 1999) calitatea reprezintă adecvarea la utilizarea dorită pentru bunuri sau servicii, sau adecvarea la un anumit scop al unei acțiuni. O altă definiție enunțată doar câțiva ani mai târziu conectează calitatea cu respectarea unor specificații tehnice ale produsului (Crosby 1980). Definițiile de mai sus pentru înțelesul noțiunii de calitate au fost enunțate la începutul cercetărilor din această arie.

Calitatea mai poate fi definită și prin măsura în care bunul produs răspunde foarte *bine/excelent* așteptărilor de la primul consum/utilizare și apoi de fiecare dată când acesta este din nou cerut.

Un alt tip de definire și înțelegere a noțiunii de calitate este prin intermediul *lipsei de calitate* a unui bun produs.

Definirea calității în transporturi se realizează pornind de la același obiectiv al *satisfacerii depline sau parțiale a exigențelor pe care le au utilizatorii*, însă se iau în considerație și alte aspecte care largesc cadrul de analiză al sistemului de transport, ajungându-se la ansamblul mediului economico-social și natural în care sistemul de transport își are sediul și cu care acesta interrelaționează (Raicu 2009).

Metoda de analiză a calității poate să fie separată în următoarele două componente, și anume:

- *Satisfacție* – definită ca **percepția** clientului/părților interesate despre măsura în care le-au fost îndeplinite atât cerințele explicite cât și cele implicite,
- *Evaluarea satisfacției* – proces **sistematic** de analiză pentru determinarea cu obiectivitate a măsurii în care activitățile prestate de către organizație/operator au

În cercetările întreprinse pentru rezolvarea temei tezei prezente, calitatea serviciilor de transport public urban de călători este adresată ca un concept relativ, care ține cont de așteptările călătorilor.

### 2.2 Perspectiva operatorului și cea a utilizatorului în definirea calității în transportul public de călători

Calitatea **percepută**, de tip *ex-post*, reprezintă calitatea evaluată de călător **după** utilizarea serviciului de transport, care îl influențează **ulterior** în viitoare decizii de deplasare. Comunitățile de utilizatori pot ajunge, mai departe, să influențeze atât operatorii de transport, cât și administrațiile/ autoritățile locale din acest domeniu, făcând presiuni pentru a aduce îmbunătățirile solicitate, ceea ce apoi va influența calitatea **proiectată a serviciului**.

Calitatea percepută este elementul dintre cele patru aspecte ale calității, care, dacă are parte de susținerea unei mase critice din populație, poate produce efecte benefice asupra calității **realizate** de către operatorii de transport. Această calitate **realizată**, de tip *ex-post*, se produce în momentul în care serviciul prestat se confruntă cu realitatea cotidiană.

Calitatea **proiectată** a serviciului de către operator, de tip *ex-ante*, este calitatea rezultată din proiectarea serviciului (după parcurgerea etapelor de planificare strategică, tactică și operațională) și poate fi modificată ulterior și ea, dacă se identifică/cunoaște **calitatea așteptată** de către utilizator. Nivelul calității așteptate se poate determina cu ajutorul diverselor metode de anchetă și sondaj.

Calitate **așteptată** de către utilizator, de tip *ex-ante*, este influențată de mai mulți factori cum sunt: scopului deplasării, existența sau inexistența unor experiențe anterioare, un anumit nivel de exigență față de serviciile publice, în general, și față de serviciile de transport, în particular, calitatea vieții, care conține în bună măsură nivelul general de dezvoltare economică și socială.

Prin urmare, calitatea transportului public de călători are mai multe aspecte/ tipuri de manifestare, depinzând de partea din sistem avută în vedere (cererea/utilizatorul, sau oferta/operatorul) dar și de momentul evaluării, înainte de efectuarea serviciului dar și după ce acesta a fost consumat/realizat.

Cele mai cunoscute metode de evaluare a calității serviciilor de transport public urban se adresează, pe de o parte, calității percepute de utilizator și constau în anchete asupra călătorilor aflați fie în mijloacele de transport public fie în stații, și pe de altă parte, calității realizate de operator prin monitorizarea serviciilor și a caracteristicilor acestora.

Apare astfel nevoia de a introduce în analiza și evaluarea calității două noțiuni/concepte:

- *performanța* serviciului de transport public de călători, relativ la proiectarea și realizarea serviciului, performanță care poate avea diferite niveluri în raport cu anumite repere, și care poate să reprezinte ”distanța” dintre caracteristicile proiectate și cele realizate ale serviciului,
- *satisfacția utilizatorului* serviciului de transport public de călători, care se resimte tot prin intermediul unei ”distanțe”, dintre așteptările utilizatorului și percepția pe care acesta o are asupra ofertei ”consumate” sistematic/periodic sau nesistematic/neperiodic.

### **2.3. Evaluarea calității serviciilor publice de transport urban de călători - reglementări naționale și europene**

Standardele din România pentru evaluarea calității serviciilor de transport public de călători sunt SR 13326/ 1996 – Vocabular și SR 13342/ 1996 - parametrii tehnici ai transportului public urban de călători.

Aceste două standarde, neînlocuite până astăzi definesc principalii termeni folosiți în activitățile de transport public de călători, grupați în termeni generali și termeni referitori respectiv la vehiculele din parc, la instalațiile și dotările specifice și la indicatori cu care se poate aprecia calitatea serviciului, numiți ”*indicatori de performanță*”. Majoritatea indicatorilor fac referire la calitatea proiectată sau realizată a serviciului public urban de călători.

În schimb, *indicatorii calitativi evaluează percepțiile călătorilor* și sunt destinați să identifice aspecte ale calității serviciilor care sunt dificil de măsurat în mod direct – cum sunt, de exemplu, aspecte privind securitatea călătoriei, amabilitatea personalului etc.

Doar doi indicatori este desemnați să înglobeze calitatea percepută de utilizator și aceștia sunt *indicatori compoziți, fără evidențierea clară a elementelor* constitutive ale percepției, și anume:

- ”număr de reclamații” și
- ”indicatorul de satisfacție a călătorilor”.

### **2.4. Nivelul serviciului (LOS) și fiabilitatea serviciului de transport public de călători**

Pornind de la conceptul de nivel al serviciului (*LOS - Level of Service*) oferit de o infrastructură rutieră de transport, în scopul evaluării calității unui serviciu de transport a fost adaptat în timp și utilizat în multe sectoare ale domeniului transporturi o ”scară” de evaluare cu șase niveluri, de la A (cea mai bună performanță sau calitate) până la nivelul F (cea mai scăzută performanță sau calitate).

Pentru aprecierea calității serviciilor de transport public, de exemplu, în funcție de numărul de ore de serviciu dintr-o zi este prezentat mai jos, în tabelul 2.2, iar nivel al serviciului privitor la intervalul de timp programat între vehiculele de pe o linie este prezentat în tabelul 2.3 (TRB 2003)



Tabelul 2. 1. Nivelurile de serviciu relativ la numărul de ore din zi deschise operării

Nivelul serviciului	Durata operării dintr-o zi	Caracteristici ale serviciului
A	19-24	Serviciu non-stop sau ”aproape permanent”
B	17-18	Operare până seara târziu
C	14-16	Operare până seara devreme
D	12-13	Operare doar în orele de lumină (de zi)
E	4-11	Operare doar în orele cu vârf de trafic de călători sau limitat la orele din mijlocul zilei
F	0-3	Operare foarte redusă sau inexistentă

Sursa: (TRB 2003)

Tabelul 2.2. Nivelurile de serviciu relativ la intervalul de timp dintre vehicule

Nivelul serviciului	Interval programat între vehicule [min]	Frecvența [veh/h]	Caracteristici ale serviciului
A	< 10	> 6	Nu este necesară afișarea unui orar de circulație
B	10 – 14	5 – 6	Serviciul este destul de frecvent, însă călătorii au nevoie de consultarea unui orar de circulație
C	15 – 20	3 – 4	Timp de așteptare suplimentar trebuie să fie foarte mic
D	21 – 30	2	Serviciu în general neatractiv pentru persoanele care au la dispoziție alte alternative
E	31 – 60	1	Servicii pentru care este necesară comunicarea/afișarea orarului de circulație și respectarea lui
F	> 60	< 1	Servicii atractive doar în cazul adaptării lor la deplasări pendulare pentru activități cu program cunoscut

Sursa: (TRB 2003)

Nivelurile de serviciu astfel stabilite sunt orientative, iar pentru perspectiva nouă privitoare la atragerea cât mai multor utilizatori de la mobilitatea individuală cu autoturismul la servicii de transport public, o rigoare mai mare în precizia cu care operatorul oferă serviciile va impune probabil revizuirea marjelor de timp din tabelul 2.2.

**Pentru transportul public urban, nivelul de calitate al serviciului este subsumat conceptului de ”fiabilitatea serviciului de transport public”,** așa cum este reflectat de literatura de specialitate. Accepțiunea mai largă a noțiunii de fiabilitate înțeleasă drept capacitatea sistemului de a asigura succesul misiunii încredințate este nepotrivită în cazul conceptului de *fiabilitatea a serviciului de transport public* deoarece apar anumite dificultăți în definirea corectă a funcționării sistemului și a “succesului misiunii”.

În teza de față, cercetările întreprinse pentru identificarea unor soluții de creștere a calității serviciilor de transport public de călători am adresat cu precădere conceptul de fiabilitate a serviciului de transport cu autobuzul, pentru care am folosit conceptul definit mai jos.

**Fiabilitatea serviciului de transport public** reprezintă **certitudinea** realizării acestuia prin raportare la informația publică despre condițiile realizării serviciului și la percepția utilizatorilor asupra îndeplinirii acelor condiții (Van Oort 2011).

Cei mai mulți dintre marii operatori de transport public urban de călători (TRB 2018) consideră că punctualitatea serviciului este cel mai important instrument pentru evaluarea fiabilității serviciului, considerând totodată că această punctualitate este asigurată dacă circulația unui mijloc de transport se realizează conform programului într-o marjă de -1 min și +5 min. Cu toate acestea sunt și operatori care își asumă o punctualitate mai strictă, însemnând un interval de -1 min și +3 min, iar alții, asumându-și chiar abateri de la program de 0 min.

Pe de altă parte, din perspectiva călătorului, mai multe anchete, realizate de-a lungul timpului au evidențiat drept caracteristici determinante ai alegerii serviciilor și ai calității percepute de călători, următoarele: frecvența serviciului, punctualitatea, durata de operare dintr-o zi (Trompet 2010).

## 2.5. Relația între planificarea strategică, tactică și operațională pentru servicii de transport fiabile

Fiabilitatea în transportul public este definită aici ca fiind intersecția dintre planificare și operare. Operatorii oferă o rețea de transport și un orar de circulație, ce reprezintă oferta promisă către călător. Fiabilitatea definește în ce măsură operatorii respectă această promisiune. Întrucât două elemente trebuie să se suprapună, sunt posibile două moduri de îmbunătățire a fiabilității, prin intermediul: (i) - planificării, și (ii) - prin operare.

În zonele urbane, mai ales în cele caracterizate de o congestie ridicată a traficului rutier nu este posibilă reducerea totală a duratelor de întârziere în traseu, însă pot fi găsite metode de recuperare a acestor întârzieri.

O planificarea strategică urmată de cea tactică, care țin cont de variațiile duratelor de parcurgere a traseului, sunt cele care pot conduce la operare în condiții de calitate ridicată serviciului (fără întârzieri), cunoscută drept *operare robustă*.

# Capitolul 3. CALITATEA PERCEPUTĂ ÎN TRANSPORTUL PUBLIC URBAN DE CĂLĂTORI

## 3.1 Construirea instrumentului de evaluare a percepției călătorilor

### 3.1.1 Tehnici de colectare a datelor în transporturi

Realizarea unei anchete nu este o procedură informală, ci trebuie să urmeze o serie de etape interconectate care conduc la rezultatele finale și concluziile anchetei. Aceste etape ale unei anchete sunt prezentate în figura de mai jos (Fig.3.1).

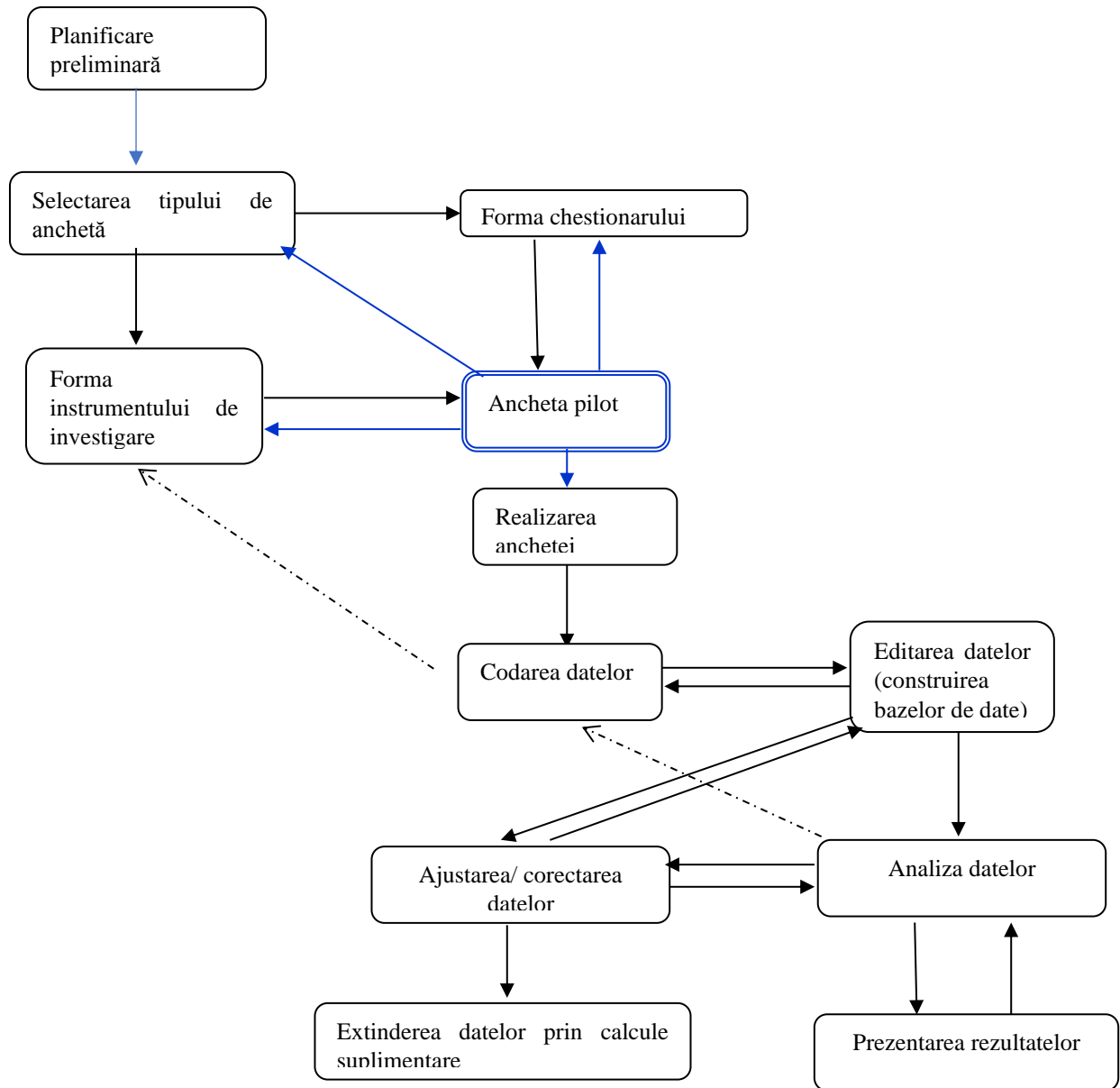


Figura 3. 1. Etapele realizării unei anchete în transporturi  
(Sursa: Richardson et al, 1995)

### 3.1.2 Alegerea scării/ scalei de evaluare

Reluând, evaluarea este definită ca acțiunea de a exprima, în general cantitativ, nivelul/gradul în care un serviciu are o anumită caracteristică sau o anumită proprietate prin raportare la o valoare considerată etalon/reper. Pentru ușurința evaluării/măsurării acelei proprietăți se folosește o plajă de valori etalon, care se constituie într-o scară/scală de apreciere/măsurare.

Scala de evaluare/măsurare reprezintă un instrument de evaluare și poate fi cu repere uniform repartizate/constante în distanța dintre ele. Există însă scări de evaluare a căror repere sunt distanțate după anumite legi matematice (scări exponențiale, logaritmice etc.).

Construirea instrumentului de evaluare este realizată apriori evaluării și poartă numele de scalare, proces care apare mai dificil în cazul elementelor implicite/neexprimate cum sunt unele dintre caracteristicile serviciilor de transport, care sunt doar percepute de utilizatori. În cele ce urmează sunt prezentate câteva metode de scalare și referințele asociate, care vor fi analizate

pentru selecția celei mai potrivite metode de evaluare a rezultatelor din anchetele cuprinse în lucrare.

### 3.2.Formatul întrebărilor

Structura unei întrebări descrie modul în care este adresată întrebarea și, mai important, modul în care este înregistrat răspunsul, (Ortuzar & Willumsen 2011). Alegerea modului de formulare a întrebării este strâns legat de alegerea procedurilor de prelucrare a datelor care vor fi utilizate ulterior în procesul de anchetă. 3.3. Întrebări pentru identificarea preferințelor declarate și cele relevate ale călătorilor

Anchetele/sondajele privind *preferințele relevate* se referă la alegeri pe care le-au făcut deja utilizatorii. În ceea ce privește cazul unui sondaj efectuat în transportul public, informațiile dezvăluite se referă la călătoria efectivă sau numărul de călătorii efectuate de utilizator având în vedere originea, destinația, stația de plecare, stația de sosire, scopul călătoriei și modul de transport pe care a ales să îl folosească din alternativele disponibile. Punctul forte al acestui tip de sondaj este că ne oferă alegerile reale făcute de utilizatori într-un mediu plin de provocări și, eventual, unele neajunsuri.

Pe de altă parte, sondajele privind *preferințele declarate* colectează răspunsuri la situații ipotetice prezentate utilizatorilor, în acest caz despre transportul public. Acest tip de sondaj încearcă să depășească unele dintre limitările sondajelor privind preferințele relevante. Una dintre limitările anchetelor privind preferințele relevante este că multe scenarii oferă variabilitate insuficientă în observații, comportamentul observat ar putea fi dificil de legat cu anumite variabile calitative (de exemplu, confortul) și imposibilitatea de a măsura alegeri între alternativele care nu există încă (Louviere et al. 2000).

### 3.4. Dimensiunea eșantionului și anonimizarea răspunsurilor

De cele mai multe ori realizarea unei anchete se adresează unei populații țintă, aceasta depinzând de obiectivul/ obiectivele cercetării.

Deoarece investigația se realizează doar supra unui segment din populația țintă, este nevoie ca rezultatele de la finalul cercetărilor/investigațiilor făcute pe un anumit grup (mai eterogen sau mai omogen) să poată să fie extinse cu încredere suficientă și la restul indivizilor ne-chestionați. Așadar, cât de extins să fie grupul investigat, care să fie particularitățile de diferite naturi (în raport cu obiectivele cercetării) sunt elemente care asigură ca rezultatele vor fi valide și pentru restul indivizilor care nu au fost supuși anchetei.

Stabilirea grupului supus investigației/ eșantionul prin reguli specifice din punct de vedere statistic este un prim pas în dezvoltarea unei anchete (**Ortuzar & Willumsen 1994**).

Alegerea dimensiunii eșantionului trebuie făcută ținând cont de:

- Dispersia parametrului analizat;
- Nivelul de precizie necesar pentru determinarea parametrului de interes;
- Populația totală în raport cu care se selectează eșantionul.

În colectarea datelor experimentale ale tezei am folosit:

- anchetă în stații de interes selectate în raport cu importanța lor în accesibilitatea spațială urbană, pentru identificarea factorilor care influențează primordial satisfacția utilizatorilor serviciilor de transport public urban;
- anchetă privind importanța acordată orarului
- înregistrări momentele de plecare pe traseu și din fiecare stație selectată colectate cu AVL pentru determinarea întârzierilor la plecare și pe traseu, precum și pentru determinarea periodicității și distribuției lor statistice;



## Capitolul 4. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ NIVELUL DE SATISFACȚIE– DETERMINĂRI PENTRU O ARIE URBANĂ

### 4.1 Introducere

Necesitatea anonimizării operatorului de transport public urban au impus ca denumirea ariei urbane unde au fost făcute înregistrările necesare analizelor cercetării doctorale să fie una generică.

Caracteristicile acestei arii urbane (numită mai departe în cuprinsul tezei ”arie urbană generică”- AUG) sunt însă întâlnite la multe de ariile urbane cu dezvoltare economică importantă, densitate a populației ridicată, rețea de transport public urban bine dezvoltată din România.

Pentru identificarea factorilor determinanți ai indicelui de satisfacție am pornit de la rezultatele agregate obținute de o anchetă realizată în perioada 09.09 – 11.09.2013 cu privire la satisfacția europenilor față de transportul urban (TNS 2014)<sup>1</sup>.

Rezultatele agregate pentru utilizatorii din România sunt selectate în tabelul 4.2.

Tabelul 4.1. Satisfacția generală în transportul urban din România - extras din European's Satisfaction with Urban Transport

	Ridicată	Bună	Medie	Scăzută
Indicele de satisfacție raportat la stațiile de așteptare	28%	25%	23%	24%
Indicele de satisfacție raportat la călătoria propriu-zisă	21%	37%	20%	22%

(Sursa: **Flash Eurobarometer 382b, 2014**)

O dificultate a studiului, în opinia autorului, este aceea că ancheta s-a desfășurat într-o perioadă de vacanță școlară cel puțin în România, 09.09 – 11.09.2013, ceea ce duce la rezultate cu relevanță discutabilă.

Studiul are dezavantajul că este doar o ”poză” a situației la un moment dat și, mai ales, nu corelează rezultatele cu nivelul de utilizare al serviciilor de transport public și nu explică slaba performanță a mai multor operatori de transport public urban de călători.

În plus, evaluarea realizată la nivel european a investigat doar opiniile utilizatorilor, neluând în seamă obiectivele strategice europene în domeniul mobilității și transportului sustenabil care susțin necesitatea atragerii utilizatorilor de autoturism către transportul public și serviciile de mobilitate complementare.

Opiniile non-utilizatorilor serviciului de transport public urban și a celor care folosesc rar și foarte rar aceste servicii sunt câteodată mai importante, deoarece acestea reflectă o exigență mai ridicată, cel puțin din dorința respondenților de a reflecta comparația realizată între cele două moduri de deplasare. .

### 4.2 Proiectarea și realizarea anchetei pentru determinarea factorilor care influențează relevant percepția călătorilor

#### 4.2.1. Introducere

Pentru determinarea factorilor care influențează calitatea percepută de utilizatorii transportului public urban de călători cu autobuzul în AUG considerată, ținând cont și de faptul că în multe din orașele din România au fost realizate investiții importante pentru modernizarea transportului

<sup>1</sup>Flash Eurobarometer 382b, (2014) Europeans' satisfaction with urban transport, TNS Political & Social

public (investiții în modernizarea stațiilor de așteptare, achiziții de autobuze cu norme de poluare Euro 6, sau autobuze electrice, implementarea unor aplicații moderne pentru monitorizarea parcului etc.) a fost realizată o anchetă pentru determinarea calității percepute și a celor mai importanți factori specifici călătorului urban din România.

Obiectivele anchetei au fost:

1. identificarea celor mai importanți factori care definesc satisfacția utilizatorilor de autobuz în aria urbană considerată;
2. cuantificarea nivelului de satisfacție percepută de călători;
3. identificarea celor mai importante neajunsuri care pot fi apoi analizate în vederea elaborării unor soluții de creștere a calității transportului public.

Pe o scară Likert de la 1 la 5 (1 – foarte nemulțumit, 5 – foarte mulțumit), am evaluat gradul de satisfacție referitor la caracteristicile unei experiențe cu transportul public, enumerate în tabelul 4.3. Cele cinci opțiuni de răspuns sunt ușor de înțeles de către respondenți, deoarece conține 2 extreme și o opțiune neutră conectate la opțiunile intermediare de răspuns.

Tabelul 4.2. Structura propusă a chestionarului

Atribut/factor de influență a calității percepute	Notă				
Curățenia în mijloacele de transport în comun (Q <sub>1</sub> )	1	2	3	4	5
Stilul de condus (Q <sub>2</sub> )	1	2	3	4	5
Numărul de locuri pe scaun (Q <sub>3</sub> )	1	2	3	4	5
Afișarea informațiilor utile în mijloacele de transport în comun (Q <sub>4</sub> )	1	2	3	4	5
Temperatura interioară (Q <sub>5</sub> )	1	2	3	4	5
Gradul de aglomerare în mijlocul de transport în comun (Q <sub>6</sub> )	1	2	3	4	5
Siguranța în timpul călătoriei (Q <sub>7</sub> )	1	2	3	4	5
Poziționarea stațiilor de așteptare (Q <sub>8</sub> )	1	2	3	4	5
Condițiile din stațiile de așteptare (facilități) (Q <sub>9</sub> )	1	2	3	4	5
Respectarea programului de circulație (Q <sub>10</sub> )	1	2	3	4	5
Prețul titlului de călătorie (Q <sub>11</sub> )	1	2	3	4	5
Atitudinea celorlalți călători (Q <sub>12</sub> )	1	2	3	4	5
Frecvența mijloacelor de transport în comun (Q <sub>13</sub> )	1	2	3	4	5
Programul de circulație afișat în stațiile de așteptare (Q <sub>14</sub> )	1	2	3	4	5

Cele 14 atribute au fost selectate din studiul a mai multe lucrări dedicate indicelui de satisfacție a călătorilor (Abenzo et al. 2017) (Imam, 2014) (Morton et. al 2014).

Chestionarul a fost aplicat număr de 350 respondenți și a avut loc în trei stații de așteptare amplasate în zone diferite din orașul analizat. Din cele 350 de persoane chestionate, 324 au răspuns la toate întrebările chestionarului. (Șerban 2021)<sup>2</sup>

Ancheta a fost desfășurată în zilele de lucru, prin interviuri individuale (aproximativ jumătate bărbați și jumătate femei cu vârste variate) suficiente cât să acopere întreaga paletă de utilizatori ai transportului public. Câteva ajustări au fost realizate pentru unele întrebări pentru a fi clare, concise și ușor de înțeles: doar chestionarele completate integral au fost luate în considerare și împărțite în funcție de vârstă și sex.

Tabelul 4.3. Caracteristicile stațiilor de așteptare unde a fost aplicat chestionarul

<sup>2</sup> Șerban, M.A., (2021) Methods, Instruments in Evaluating the Satisfaction Index of Passengers in Urban Public Transport, *Advances in Science and Technology*, ISSN: 1662-0356, Vol. 110, pp 71-80

Stația	Linii deservite	Localizare	Numărul de respondenți
S <sub>1</sub>	6 linii urbane de autobuz și 2 linii urbane de troleibuz	Zona de sud-vest a orașului analizat	106
S <sub>2</sub>	2 linii urbane de tramvai/8 linii periurbane de autobuz/9 linii urbane de autobuz	Zona de sud-vest a orașului analizat	150
S <sub>3</sub>	3 linii urbane de autobuz	Zona de nord a orașului analizat	94

Stațiile de așteptare au fost selectate pentru anchetă după mai multe criterii.

#### 4.2.2 Rezultatele anchetei

Atributele notate cu Q<sub>1</sub>, ..., Q<sub>14</sub> au fost evaluate de către respondenți cu note de la 1 la 5 puncte, conform experiențelor avute cu transportul public din AUG.

Indicatorii calculați sunt:

- Intervalul de variație – diferența dintre cele mai mari și cele mai mici note din răspunsurile primite; intervalul se calculează scăzând cea mai mică notă acordată unui atribut din nota cea mai mare acordată aceluiași atribut.

- Varianța (s<sup>2</sup>): raportul dintre suma pătratelor abaterilor (erorilor) dintre media aritmetică a seriei de note și gradul de libertate (df = n-1)

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (4.1)$$

- Abaterea standard reprezintă o varianță a distanței medii de la fiecare valoare a variabilei (nota) la media aritmetică. Cu cât datele sunt mai dispersate, cu atât este mai mare abaterea standard. Rezultatul acestui proces este varianța (s<sup>2</sup>).

Pentru a converti unitățile pătrate ale varianței înapoi în unități compatibile cu setul de date, trebuie calculată rădăcina pătrată a varianței. Acest calcul produce abaterea standard (s):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (4.2)$$

Media erorii standard (ES) – o valoare mică a erorii presupune ca gradul de împrăștiere al răspunsurilor din chestionar este mai mic și astfel rezultatul obținut indică faptul că atributele selectate sunt relevante pentru marea majoritate a publicului călători:

$$ES = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4.3)$$

Analiza descriptivă a fost realizată pentru a examina satisfacția percepută a respondenților în funcție de atributul specificat în chestionar și satisfacția generală asupra calității serviciului de transport public.

Tabelul 4. 4. Principalii factori de influență ai percepției asupra calității serviciului de transport public urban de călători - Descriptive Statistics – (SPSS)

	Număr răspuns uri	Interval	Minim	Maxim	Suma	Medie	Eroare standard	Abaterea standard	Varianța
Curățenia în mijloacele de transport în comun	350	3,00	1,00	4,00	644,00	1,8400	,03653	,68349	,467

	Număr răspuns uri	Interval	Minim	Maxim	Suma	Medie	Eroare standard	Abaterea standard	Varianța
Stilul de condus	336	4,00	1,00	5,00	784,00	2,3333	,03962	,72620	,527
Numărul de locuri pe scaun	335	4,00	1,00	5,00	831,00	2,4806	,04287	,78463	,616
Afișarea informațiilor utile în mijloacele de transport în comun	335	4,00	1,00	5,00	819,00	2,4448	,04442	,81294	,661
Temperatura interioară	335	3,00	1,00	4,00	831,00	2,4806	,04117	,75348	,568
Gradul de aglomerare în mijlocul de transport în comun	335	4,00	1,00	5,00	844,00	2,5194	,04471	,81825	,670
Siguranța în timpul călătoriei	334	4,00	1,00	5,00	949,00	2,8413	,04859	,88801	,789
Poziționarea stațiilor de așteptare	334	4,00	1,00	5,00	833,00	2,4940	,04503	,82289	,677
Condițiile din stațiile de așteptare (facilități)	332	4,00	1,00	5,00	834,00	2,5120	,04504	,82071	,674
Fiabilitatea programului de circulație	330	3,00	1,00	4,00	815,00	2,4697	,04585	,83283	,694
Prețul titlului de călătorie	330	4,00	1,00	5,00	830,00	2,5152	,04444	,80731	,652
Atitudinea celorlalți călători	327	3,00	1,00	4,00	818,00	2,5015	,03943	,71305	,508
Frecvența mijloacelor de transport în comun	324	4,00	1,00	5,00	826,00	2,5494	,04286	,77141	,595
Programul de circulație afișat în stațiile de așteptare	324	3,00	1,00	4,00	804,00	2,4815	,03643	,65574	,430
Numărul de răspunsuri valide	324								

Analiza rezultatelor concentrate în tabelul 4.5, conduce la următoarele concluzii:

- Din cele 14 atribute/factori care influențează percepția asupra calității serviciului care au fost evaluate în chestionar de către respondenți, cele mai bine punctate au fost: siguranța din interiorul mijloacelor de transport în comun, nivelul de aglomerare al vehiculelor, condițiile din stațiile de așteptare și cele mai puțin punctate 3 atribute au fost: starea de curățenie a vehiculelor, stilul de condus și programele de circulație afișate în stații;
- Valorile erorii standard se situează sub 0.05, fapt ce indică un grad scăzut de împrăștiere al răspunsurilor din chestionar și prin urmare media obținută conduce la o probabilitate crescută ca atributele cuprinse în structura să fie relevante pentru întregul public călător;
- Cele mai mici erori standard au fost calculate în cazul notelor acordate stării de curățenie a vehiculelor, respectiv programului afișat în stații, însemnând că majoritatea respondenților sunt nemulțumiți față de aceste 2 caracteristici ale transportului public (toate notele sunt foarte apropiate, mai mult decât la celelalte atribute);
- Rezultatele indică faptul că media intervalului de la un minim de 1.84 la un vârf de 2.84 reflectă că respondenții au o percepție variată asupra importanței atributelor specifice serviciului de transport. Abaterea standard pentru aceste atribute a variat între 0.65 și 0.88.



Tabelul 4. 5. Caracteristici ale eșantionului de respondenți

Vârsta cuprinsă între 18 și 35 ani	105	Bărbați	Femei
Vârsta cuprinsă între 35 și 55 ani	122	198	152
Vârsta peste 55 ani	123		
Toată lumea utilizează măcar de 2 ori pe săptămână transportul public în București			
63 bărbați și 104 femei nu dețin permis de conducere auto			

În graficele de mai jos, am ilustrat repartizarea notelor acordate următorilor factori:

- Respectarea programului de circulație;
- Frecvența mijloacelor de transport în comun;
- Afișarea programului de circulație în stațiile de așteptare.

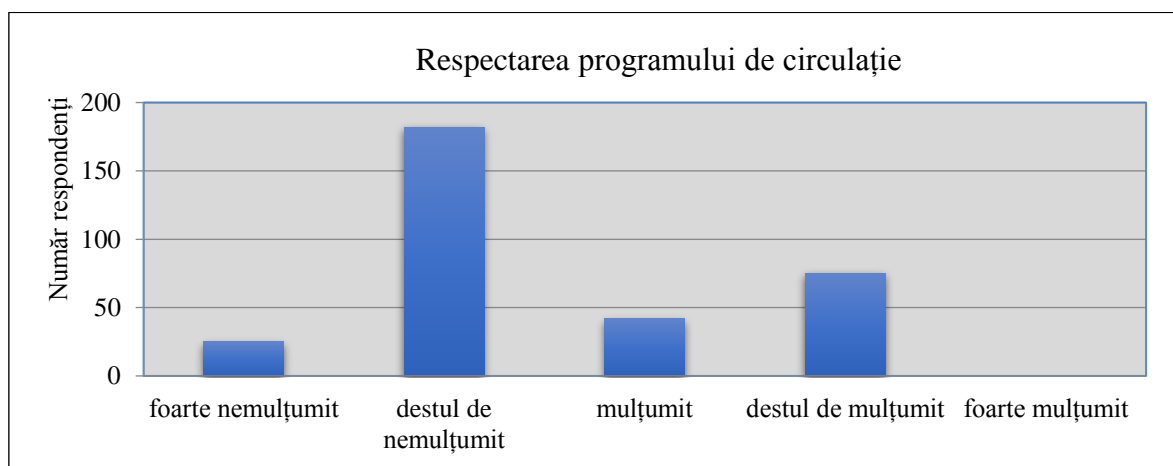


Figura 4. 1. Gradul de satisfacție al respondenților privind fiabilitatea programului de circulație

56,17% dintre respondenți s-au arătat destul de nemulțumiți de respectarea programului de circulație al mijloacelor de transport în comun, cu precădere cei care utilizează zilnic transportul public, pentru deplasarea la locul de muncă/școală. Cei care au acordat note mai mari, utilizează linii cu cale dedicată, unde orarul este respectat cu o abatere mai mică, decât în celelalte cazuri.

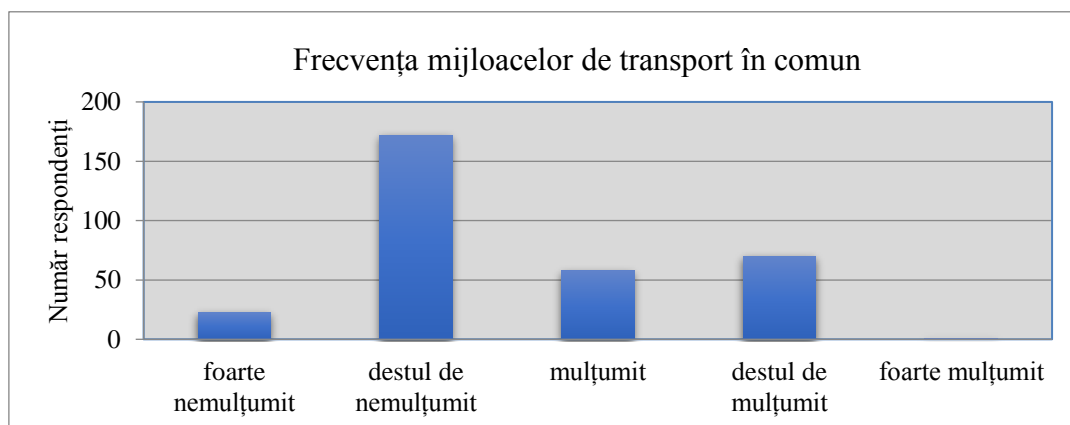


Figura 4. 2. Gradul de satisfacție al respondenților privind frecvența mijloacelor de transport în comun

În ceea ce privește satisfacția respondenților raportată la frecvența mijloacelor de transport în comun, 53,08% au notat cu două puncte acest factor specific sistemului de transport public, aflat în strânsă legătură cu respectarea orarului de circulație. Cei care sunt nemulțumiți de frecvența mijloacelor de transport în comun, utilizează preponderent zilnic transportul public, deplasându-se către locul de muncă/școală. Cei 21,60% care au declarat că sunt destul de mulțumiți, sunt respondenți mai în vârstă, care nu se deplasează frecvent cu transportul public, mai ales în zilele de timpul săptămânii, când gradul de congestie este ridicat.

Orarul afișat în stațiile de așteptare, lipsește în majoritatea stațiilor de așteptare, alături și de alte facilități. Această constatare reiese și din graficul de mai sus, unde se poate observa faptul că 62,03% dintre respondenți sunt destul de nemulțumiți de acest factor. Cei care utilizează mai rar transportul public și în special liniile care au cale dedicată, au notat cu trei sau patru puncte, deoarece de-a lungul acelor linii, se regăsesc afișate orarele de circulație, deși în anumite locuri, au rămas neactualizate.

Tabelul 4.6. Rezultate ale anchetei din aria urbană generică

Factor	Foarte mulțumit	Destul de mulțumit	Mulțumit	Destul de nemulțumit	Foarte nemulțumit
Curățenia în mijloacele de transport în comun (Q <sub>1</sub> )	0%	6.17%	24.69%	30.86%	38.27%
Stilul de condus (Q <sub>2</sub> )	2.77%	8.02%	32.40%	41.97%	14.81%
Numărul de locuri pe scaun (Q <sub>3</sub> )	4.62%	11.72%	29.32%	44.13%	10.18%
Afișarea informațiilor utile în mijloacele de transport în comun (Q <sub>4</sub> )	10.18%	11.11%	6.17%	66.35%	6.17%
Temperatura interioară (Q <sub>5</sub> )	0%	14.19%	30.24%	53.39%	2.16%
Gradul de aglomerare în mijlocul de transport în comun (Q <sub>6</sub> )	5.86%	12.03%	27.46%	45.98%	8.64%
Siguranța în timpul călătoriei (Q <sub>7</sub> )	10.18%	22.83%	28.70%	26.23%	12.03%
Poziționarea stațiilor de așteptare (Q <sub>8</sub> )	0.30%	16.66%	25.30%	55.24%	2.46%
Condițiile din stațiile de așteptare (facilități) (Q <sub>9</sub> )	6.17%	11.11%	33.33%	32.71%	16.66%
Respectarea programului de circulație (Q <sub>10</sub> )	0%	23.14%	12.96%	56.17%	7.71%
Prețul titlului de călătorie (Q <sub>11</sub> )	1.54%	18.51%	29.62%	35.18%	15.12%
Atitudinea celorlalți călători (Q <sub>12</sub> )	0%	18.51%	25.00%	46.91%	9.56%
Frecvența mijloacelor de transport în comun (Q <sub>13</sub> )	0.31%	21.60%	17.90%	53.09%	7.10%
Programul de circulație afișat în stațiile de așteptare (Q <sub>14</sub> )	0%	19.44%	13.89%	62.04%	4.63%

Deoarece mare parte din respondenți au precizat ca factor esențial în percepția lor asupra calității serviciului frecvența sosirii autobuzelor și respectarea programului, cercetările întreprinse pentru identificarea unor soluții de creștere a calității serviciului public de călători s-au concentrat pe determinarea ajustărilor la program pentru operare care să conducă la respectarea orarului afișat cu mai multă exactitate.

## 4.3 Orarul afișat - factor important în calitatea percepută a utilizatorilor

### 4.3.1 Introducere

Sistemele de informare a călătorilor reprezintă principalul canal de comunicare între operatorii de transport și publicul călător. Pe lângă siguranța deplasării și atractivitatea sistemului, ușurința de a accesa informații exacte cu privire la orele de sosire și de plecare a mijloacelor de transport public din fiecare stație este o componentă esențială a satisfacției utilizatorilor, așa cum ancheta va ilustra.

Obiectivele chestionarului aplicat pe o linie de transport periurbană au fost:

1. Identificarea obiceiurilor de deplasare (frecvența, a călătorilor în/dintr-o zonă periurbană, deservită de o singură linie de autobuz;
2. Gradul de dependență a călătorilor de linia de transport public analizată;
3. Importanța îmbunătățirii calității transportului public prin afișarea orariilor de circulație ale singurei linii ce deservește întreaga zonă.

Am proiectat un chestionar alcătuit din 19 întrebări menite să caracterizeze într-un mod cât mai exact publicul călător, utilizator al liniei de transport studiate și să conducă la evaluarea gradului de importanță al afișării orarului de circulație în stațiile de așteptare.

Orarul de circulație al liniei de autobuz studiate este important pentru călători, deoarece majoritatea dintre respondenți au declarat faptul că își continuă deplasarea cu alte linii urbane spre punctele de interes, corelat cu alte orare de circulație. Prin urmare, necunoașterea orelor de circulație îi pune în dificultate pe aceștia de a-și planifica cu exactitate deplasările zilnice.

Ancheta a fost realizată atât în zilele de lucru, cât și în zilele de la sfârșit de săptămână (sâmbătă și duminică), la diferite ore ale zilei, prin discuții individuale cu fiecare călător în parte (în stațiile de așteptare și în interiorul autobuzului, în timpul deplasărilor acestora).

### 4.3.2 Rezultatele anchetei

Cele mai importante rezultate ale acestei anchete sunt prezentate mai jos:

- Persoanele intervievate, din zona periurbană unde a avut loc chestionarul, au declarat că depind de linia de autobuz ce deservește întreaga arie rezidențială, deoarece nu au alte alternative de deplasare (nu posedă permis de conducere, autoturism propriu sau în familie, nu există infrastructură rutieră amenajată pentru deplasarea pe jos).
- Persoanele care au declarat faptul că au depus reclamații la operatorul de transport, nu au obținut schimbări în ceea ce privește frecvența autobuzelor, ci doar răspunsuri oficiale conform cărora sunt efectuate toate demersurile necesare pentru asigurarea transportului public pentru zona respectivă, motiv pentru care foarte puțini depun astfel de reclamații.
- Deși au existat câțiva respondenți care au declarat că utilizează o aplicație smartphone sau consultă orarul de circulație afișat pe site-ul oficial al operatorului de transport, aceștia au menționat că nu există nicio corelație între orele programate de sosire și cele realizate;
- În absența unui program de circulație actualizat periodic și afișat în stațiile de așteptare, dar și a lipsei de informare călători prin alte mijloace moderne (aplicații mobile), aproximativ 92% dintre respondenți au declarat că au fost zile în care au așteptat perioade mari de timp (20-40 minute) din diverse motive (autobuz defect, grad mare de aglomerare pe traseul liniei, autovehicule parcate neregulamentar care au încurcat circulația autobuzelor, curse suspendate).

## Capitolul 5. AJUSTAREA ORARIILOR PENTRU OPERARE ROBUSTĂ

### 5.1 Introducere

În transportul public, lipsa respectării programului de circulație și/ sau a intervalului de urmărire crează confuzie pentru publicul călător și astfel gradul de nemulțumire crește, conducând în cele mai multe cazuri la o scădere a numărului de utilizatori ai transportului public urban, mai ales atunci când aceștia nu sunt în totalitate dependenți de acest mod de deplasare.

Respectarea programului de circulație este un factor determinant al calității percepute de utilizatori deoarece nerespectarea generează așteptări suplimentare în stație pentru utilizatori.

Întârzierile variabile cauzate de congestia traficului în cazul transportului public pot fi integrate în planificarea orariilor, reducând astfel impactul asupra abaterilor și așteptărilor în stații (Strathman et al. 1999). Ajustările orariilor însă nu pot fi făcute repetat, deoarece permanența orariilor ca și a liniei trebuie menținută pe durate mari de timp deoarece împreună aceste două elemente desăvârșesc un comportament de utilizare. (Cevallos et al. 2011)

Un program de circulație pentru serviciile de transport public urban de călători trebuie corelat cu condițiile de trafic în care operează.

Plecând de la această necesitate, am analizat programul de circulație al câtorva categorii de servicii de transport public, după cum urmează:

- A- O linie de autobuz de "alimentare" (feeder) care circulă dinspre periferia ariei urbane/periurbane, către alte linii "colectoare" ale rețelei de transport public urban de călători
- B- O linie de tramvai cu traseu circular, cu rol de traseu "de colectare".

În tabelul de mai jos sunt prezentate în sinteză caracteristicile celor trei tipuri de servicii de transport public din AUG considerată și obiectivul/obiectivele cercetărilor.

Tabelul 5. 1. Caracteristicile serviciilor de transport public pentru care se constituie baza de date pentru determinări

Linia	Tipul de serviciu	Lungimea traseului, km	Nr. de stații	Lungimea medie între stații, km	Interval min/max între mijloacele de transport, min	Viteza medie realizată, km/h	Perioada înregistrărilor/locul	Obiectivul cercetării
A	Linie de autobuz "alimentare" /periurbană	9,13	20	0,456	12/25	15,29	Lunile ian-mai 2022, în stații selectate cu accesibilitate ridicată	Calculul și analiza abaterilor de la programul afișat, a așteptărilor suplimentare în stații de interes și a variației acestora pentru prognoza abaterilor și ajustarea orariilor
B	Tramvai (parțial cu cale exclusivă) de "colectare"	26,91	60	0,449	4/12	15,48	4 zile ale săptămânii (luni, miercuri, vineri și duminică)	Calculul și analiza abaterilor de la programul afișat în fiecare din stațiile liniei și proiectarea unei soluții de ajustare



Linia	Tipul de serviciu	Lungimea traseului, km	Nr. de stații	Lungimea medie între stații, km	Interval min/max între mijloacele de transport, min	Viteza medie realizată, km/h	Perioada înregistrărilor/locul	Obiectivul cercetării
							între aprilie 2019 și mai 2020/	a programului pentru întârzieri minime (cu un algoritm genetic)

## 5.2 Achiziția datelor de circulație cu sistemul de localizare automată a vehiculelor și constituirea bazelor de date pentru analiză

### 5.2.1 Sisteme de localizare automată a vehiculelor

Sistemele de localizare automată a vehiculelor (AVL) sunt introduse din ce în ce mai mult în multe orașe pentru monitorizarea sistemului de transport public de călători. Sistemele de localizare și comunicații bazate pe satelit, în special sistemul de poziționare globală (GPS), constituie elementul de bază pentru sistemele AVL care poate furniza informații în timp real pentru călători, pentru gestionarea și operarea parcului, pentru acordarea de prioritate mijloacelor de transport public de călători în raport cu traficul de autoturisme într-o intersecție etc

Rapoartele ce se pot realiza cu ajutorul sistemului AVL, sunt prezentate în figura de mai jos.

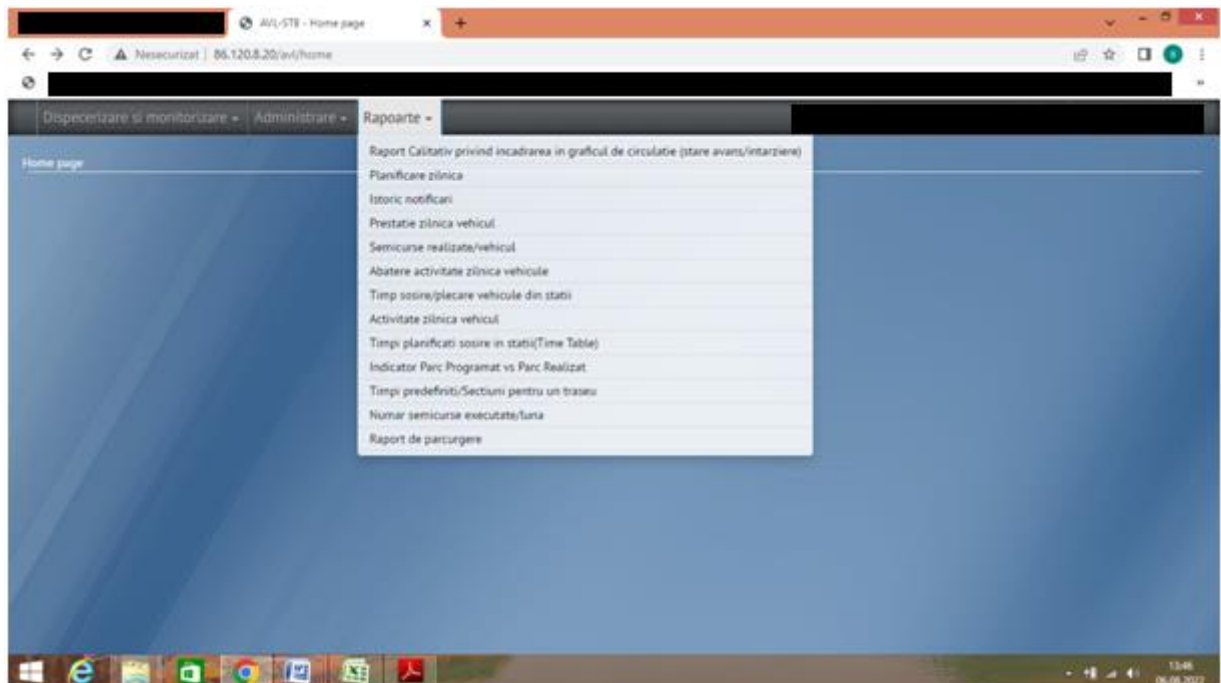


Figura 5.1. Opțiuni de rapoarte emise de aplicația AVL

### 5.2.2 Selectarea, corelarea și înregistrarea datelor pentru analiza liniei de tip periurban

Pentru crearea bazei de date necesară pentru analiza abaterilor și a așteptărilor maxime în stații, a fost utilizată aplicația AVL pentru extragerea datelor cu privire la timpii de sosire/plecare din stațiile amplasate de-a lungul liniei de transport studiate.

Constituirea bazei de date pentru analiza abaterilor și a așteptărilor maxime în stații s-a realizat în următoarele etape:

1. Alegerea stațiilor de interes ale liniei pentru sensul impar și pentru sensul par,
2. Alegerea intervalelor din zi pentru analiză,
3. Selectarea momentelor de plecare planificate din stația de interes, în intervalele orare selectate, precum și identificarea numărului de ordine al cursei pornind de la ora de început de program,
4. Selectarea momentelor de plecare înregistrate cu AVL din stația de interes corespunzătoare numărului de ordine al cursei planificate.
5. Calculul diferenței dintre momentul de trecere realizat și cel planificat în minute și zecimale de minute, numită abatere de la program.
6. Calculul așteptării medii în stație– determinarea efectelor negative asupra utilizatorului transportului public urban de călători.

Linia de acces dinspre periferie (numită și periurbană în teză), este delimitată de cele două capete de traseu, A1- cel amplasat în zona centrală și A2, capătul amplasat în periferie.

Datele selectate se referă la momentele de plecare în două stații de interes, relevante de pe traseu, pentru cele două sensuri de parcurgere:

- Stația  $A_i$ , pe sensul de parcurgere a liniei dinspre centru, de la capătul A1, către periferie, spre capatul A2 (sensul impar), și
- Stația  $A_p$  pe sensul de parcurgere a liniei dinspre periferie, de la capătul A2, către centrul orașului, la stația de capăt A1 (sensul par),

Cele două stații nu sunt pereche, ele fiind selectate în raportul cu *obiectivele de interes* din zonele străbătute și *volumul de călători care urcă și coboară* pentru schimbarea liniei/modului. Alegerea stației pentru întregirări ale abaterilor de la orarul afișat și ale duratelor suplimentare de așteptare nu a fost un obiectiv al cercetărilor din teză.

Solicitarea celor două sensuri nu este egală, deoarece sensul impar și deci stația  $A_i$  sunt solicitate în orele de după-amiază, cu deplasări către periferie, iar sensul par și stația  $A_p$  sunt solicitate mai mult în orele de dimineața. Așadar  $A_i \neq A_p$ .

Intervalul de timp de dimineața considerat în analiză este 6:00-9:30, iar cel de după-amiază este 16:00-20:00, alegerea intervalelor pentru înregistrarea datelor bazându-se pe referințe bibliografice .

Programul planificat și anunțat este considerat drept reper pentru determinarea abaterilor și a așteptărilor călătorilor. Acesta este afișat pentru fiecare stație și este cunoscut publicului mai ales prin accesarea paginii web a operatorului, prestator de servicii publice și nu prin afișare fizică sau digitală în stații.

### 5.2.3. Abaterile de la program

**Abaterile** pot fi: *întârzieri față de programul de circulație planificat și anunțat* sau pot fi *devansări față de program*, caz în care primesc semn algebric negativ. Abaterile pot să apară încă de la plecare din stația de capăt și să se mențină până la capătul liniei (fără recuperare pe traseu).

Cele mai multe cazuri de abateri sunt cele apărute pe traseu, care se acumulează constant, chiar dacă plecarea de la capăt s-a realizat conform programului.

Datele extrase din rapoartele AVL au formatul hh:mm:ss, însă calculele relativ la abateri și la așteptări sunt convertite în valori numerice cu zecimale, reprezentând intervale de timp de abateri sau întârzieri, în minute și zecimale de minut. Un exemplu al structurii BD pentru calculul abaterilor de la program și în evaluările soluțiilor propuse este redat în Tabelul 5.3.

Tabelul 5.2. Structura bazei de date construită cu înregistrări AVL pentru o stație de pe un sens de circulație

Nr. crt.	Data înregistrării	Statie	Moment plecare realizat	Moment plecare programat	Abatere (min)
1	11-05-22	Ai	4:47:33	4:47:00	0.55
2	11-05-22	Ai	05:02:51	5:01:00	1.85
3	11-05-22	Ai	05:45:36	5:15:00	30.60
4	11-05-22	Ai	<del>05:45:36</del> <del>05:56:21</del>	5:28:00	17.60
5	11-05-22	Ai	<del>05:45:36</del> <del>06:06:32</del>	5:41:00	4.60
6	11-05-22	Ai	<del>06:20:34</del> 05:56:21	5:53:00	3.35
7	11-05-22	Arefului	<del>06:30:13</del> 06:06:32	6:05:00	1.53
8	11-05-22	Arefului	<del>06:42:30</del> 06:20:34	6:17:00	3.57

Curse suspendate

În cazul curselor suspendate, se realizează o ”corectare”, precizată constant în literatură (**Trompet 2010**), care ține cont de faptul că analiza este orientată către utilizator și de aceea se înlocuiesc momentele de circulație prin stație, care lipsesc, cu momentul de circulație al primului imediat următor autobuz care a circulat. Într-un algoritm de verificare/validare a constituirii BD pentru analiza orariilor, această corelare este realizată printr-o procedură simplă de verificări succesive, în fiecare stație, așa cum este ilustrată în diagrama logică din figura 5.6, de mai jos, unde sunt adoptate următoarele notații:

- $r_k^i$  reprezintă momentul de plecare din stația Ai, realizat de cursa k, în ordinea înregistrată cu sistemul AVL, iar i indică stația de pe sensul impar
- $p_k^i$  - reprezintă momentul de plecare din stația Ai, în ordinea din programul de circulație afișat (cu oricare din mijloace- fizic și/sau digital)
- Cursele suspendate pe linia de transport public considerată sunt contorizate prin intermediul contorului S și, similar, numărul de curse realizate conform programului, prin R, curse care au întârziat, cu  $\hat{i}$  și numărul de curse care au circulat prin stația  $i$  devansate de la program.

Trebuie făcută mențiunea că pentru un studiu detaliat al efectelor produse asupra călătorilor care așteaptă în stații este necesar să se cunoască volumul de călători care urcă și coboară în stație, ritmul sosirii lor în stație și nivelul de solicitare al capacității de transport (așezat și în picioare) al autobuzului care efectuează cursa după una sau mai multe curse suspendate. Acesta nu a fost un obiectiv al tezei și este considerată una din direcțiile de cercetare viitoare.

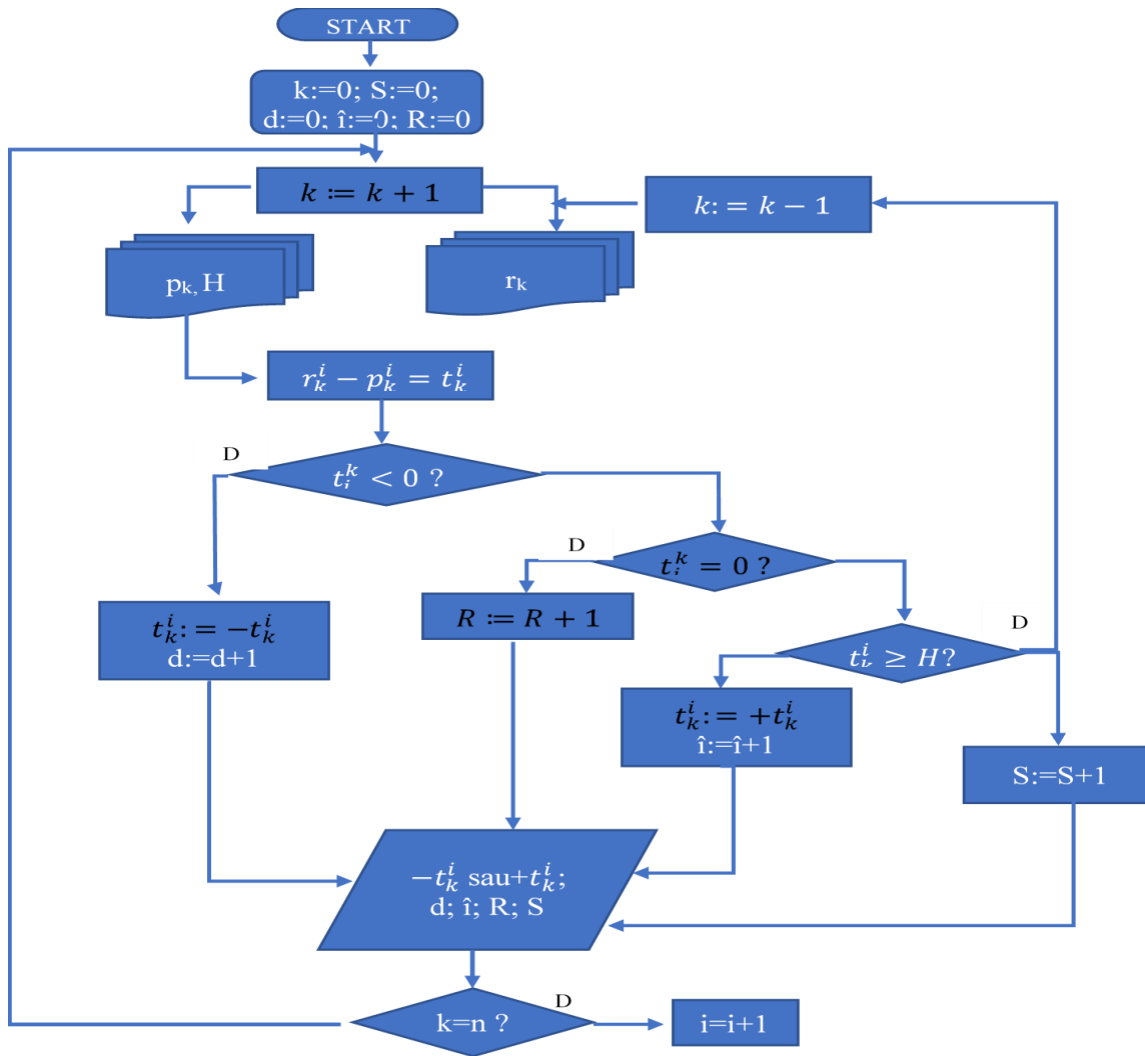


Figura 5. 2. Diagrama calculului întârzierilor, circulației devansate, a celei conform programului și cursele suspendate, într-o stație  $i$

## 5.2.4. Duratele de așteptare în stații

### 5.2.4.1. Descrierea problemei

Pentru calculul duratelor de așteptare în stație considerăm următoarele ipoteze:

- Autobuzul cu numărul de ordine  $k$  dintr-o zi de operare nu are întârziere în stația  $A_i$  analizată. Momentul plecării din stația  $k$  înregistrat prin sistemul AVL este același cu cel prevăzut de programul afișat (pentru autobuzul/cursa  $k$ ) în sensul de circulație analizat (Fig. 5.7).

Așteptarea unui utilizator sosit în stație imediat înaintea plecării autobuzului  $k$  este  $t_a^{min} = 0$ , sau aproape 0. În același timp utilizatorul care sosește în stație imediat după plecarea autobuzului  $k-1$ , va aștepta  $t_a^{max} = H$ , unde  $H$  reprezintă intervalul programat între două plecări succesive dintre autobuzele de pe linie, într-un sens de circulație. Pentru început, considerăm un interval constant pentru ambele sensuri de parcurgere a traseului și pe întreaga durată a zilei. Simplificarea nu afectează considerațiile metodei.

În figură, cu linia roșie întreruptă este reprezentată diagrama simplificată a circulației realizate de autobuz, iar cu linie albastră continuă, diagrama simplificată a circulației planificate.

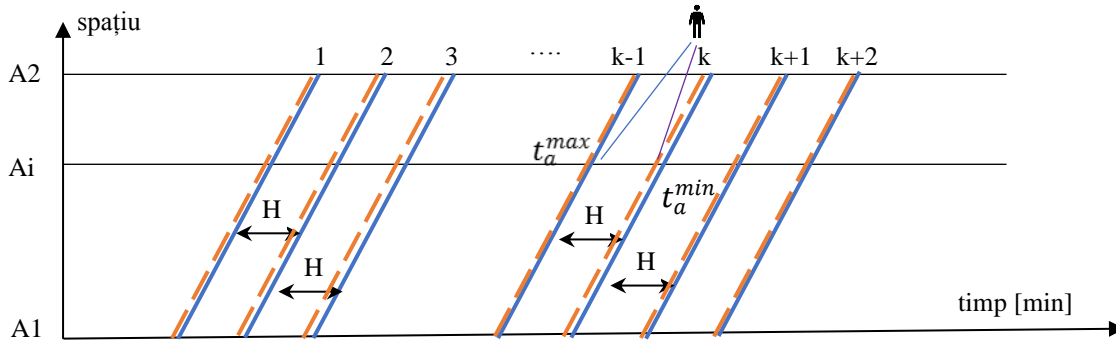


Figura 5. 3. Așteptarea minimă și maximă pentru autobuzul k, care circulă conform programului anunțat

Atunci când circulația se desfășoară conform programului, așteptarea medie în stație este egală cu jumătate din intervalul de urmărire/sucedare între autobuze, în ipoteza unor sosiri uniforme a călătorilor în stație:

$$t_a^{med} = H/2 \quad (5.1)$$

- b) *Autobuzul cu numărul de ordine k dintr-o zi de operare circulă devansat, iar în stația Ai analizată, sistemul AVL înregistrează un moment de plecare situat la -t față de program (Fig.5.8)*

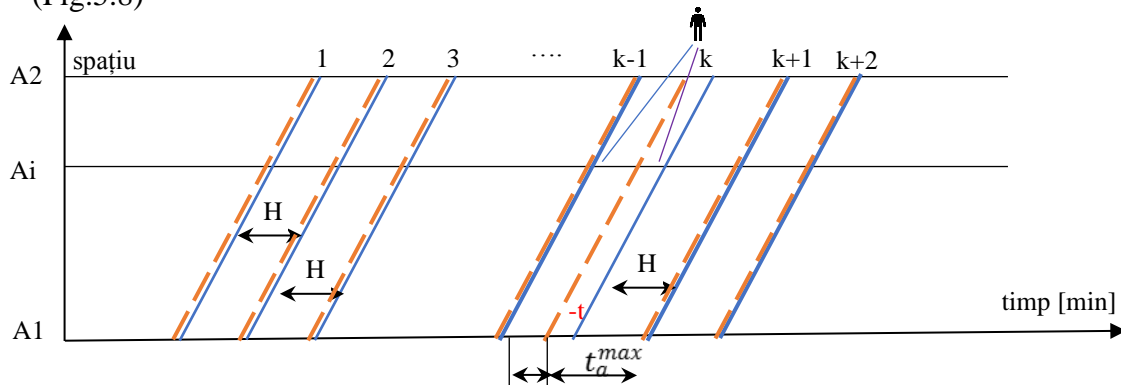


Figura 5. 4. Durate de așteptare în stația Ai, atunci când circulația autobuzului k este realizată/înregistrată cu - t minute devansată față de program

Așteptarea unui utilizator sosit în stație imediat după plecarea programată a autobuzului k-1 care așteaptă circulația autobuzului k este notată pe figura 5.4 cu  $t_a^{min} = H - t$ , deoarece autobuzul k circulă mai devreme. Următorii utilizatori care sosesc în stație după plecarea mai devreme a autobuzului k așteaptă circulația autobuzului k+1. Așteptarea lor în stație va fi prelungită, adică va fi  $t_a^{max} = H + t$ . Astfel așteptarea medie va fi

$$t_a^{med} = \frac{H-t+H+t}{2} = H \quad (5.2)$$

Față de circulația conform programului când media așteptării este de  $H/2$ , în cazul sosirii timpurii așteptarea medie se dublează.

În același mod am determinat duratele de așteptare din mai multe situații posibile



- c) *Autobuzul cu numărul de ordine k dintr-o zi de operare circulă întârziat, iar în stația Ai analizată, sistemul AVL înregistrează un moment de plecare situat la +t față de programul autobuzului k (Fig.5.9).*
- d) *Autobuzul cu numărul de ordine k dintr-o zi de operare este suspendat, iar în stația Ai analizată, sistemul AVL nu înregistrează un moment de plecare pentru autobuzul k și doar pentru autobuzul următor k+1, care circulă conform programului său. (Fig.5.10)*

Situațiile analizate până la acest punct sunt considerate izolate, deoarece programul pentru autobuzele de pe pozițiile 1, 2, ..., k-1 și k+1, k+2, ..., n este respectat, doar autobuzul al cărui ordine în program este k, așteptat de utilizator, având circulația diferită de program, iar n este numărul de curse planificate pentru o zi de operare pe linia considerată.

În teză am analizat mai multe combinații de curse cu abateri de la program și influența lor asupra duratelor de așteptare în stație.

### **5.3. Analiza datelor privind circulația autobuzelor pe o linie de acces către centru**

Pentru o ajustare a orarului de circulație a autobuzelor care să țină cont de condițiile variabile de circulație în perioadele de vârf de trafic rutier urban este necesar să se determine dacă abaterile de la orar au un anumit "pattern" (structură) care odată identificat să poată fi folosit în previzionarea abaterilor și astfel în ajustarea justificată a orarului planificat și anunțat.

Datorită situației economico-sociale particulare în care au fost colectate datele (lunile ianuarie-mai 2022) apreciez că datele nu sunt suficiente pentru a identifica cu mare încredere un tipar al deplasărilor, însă în schimb oferă posibilitatea stabilirii unei metodologii de analiză cu periodicitate anuală, care să fie folosită în ajustarea programului de circulație pentru o operare fără abateri de mari dimensiuni.

#### **5.3.1. Analiza abaterilor de la program**

##### **5.3.1. Descrierea abaterilor și așteptărilor în stație**

În această secțiune am realizat descrierea statistică pentru identificarea variațiilor abaterilor de la program între orele unei zile întregi de operare pentru un sens și celălalt, precum și pentru a compara aceste abateri între diferite zile de lucru din săptămână, în două săptămâni din luna mai.

O altă categorie de abateri de la program descrisă statistic am restrâns-o la orele cu cel mai mare flux (observat) de călători, în fiecare din săptămânile considerate din lunile ianuarie-mai 2022, diferite pe cele două sensuri, orele de vârf de trafic de dimineața dinspre periferie către centru și orele de vârf de trafic de seară, pentru sensul dinspre centru spre periferie. Baza de date cu înregistrări experimentale colectate din înregistrări AVL conține următoarele înregistrări utilizate în dezvoltarea metodologiei de ajustare a programului de circulație afișat publicului călător pe pagina web proprie:

(i)- înregistrări ale circulației realizate în perioada ianuarie-mai 2022, câte două săptămâni de la mijlocul fiecărei luni, pentru zile de lucru și de sfârșit de săptămână, pentru cele două sensuri de circulație în două stații de interes selectate prin anchetă, câte o stație pe sens, în orele de vârf de trafic.

(ii)- programul de circulație, afișat pe pagina operatorului, neschimbat pe întreg parcursul lunilor ianuarie-mai 2022, corespunzător înregistrărilor circulației realizate, descrise la punctul (i)

(iii)- înregistrări ale circulației pe întreaga zi de operare pentru șase zile din luna mai 2022, pentru ambele sensuri de circulație în aceleași stații de interes

(iv)- programul de circulație, afișat pentru cele trei zile de operare selectate din luna mai 2022

În total baza de date conține 929 și respectiv 940 înregistrări pentru analizele operării în orele de vârf de trafic din lunile ianuarie-mai 2022, pentru cele două sensuri/stații, precum și alte 373 și respectiv 384 înregistrări ale operării în șase zile de lucru din luna mai 2022 (11, 12,13 și 18,19,20 mai 2022 adică două zile – de miercuri, joi și vineri) pentru aceleași stații/sensuri.

În **Anexa** la teză este prezentată BD cu înregistrări ale circulației realizate, colectate cu ajutorul sistemului AVL, programul de circulației, abaterile de la program și așteptările în două stații de interes pentru ambele sensuri, linie de acces către centrul orașului.

### 5.3.1.1 Variabilitatea abaterilor de la program

Am analizat mai multe cazuri și am comparat dimensiunea lor pentru a identifica un anumit ”pattern” al acestor abateri care să fie luat în considerare la fundamentarea unei metodologii de ajustare a orarului programat. Astfel, am investigat, următoarele categorii:

- a) **Abaterile de la program din timpul unei întregi zile operare** din cursul săptămânii, luna mai 2022 în fiecare din cele două stații de pe sensul impar, și respectiv, par sunt evidențiate în figurile de mai jos.

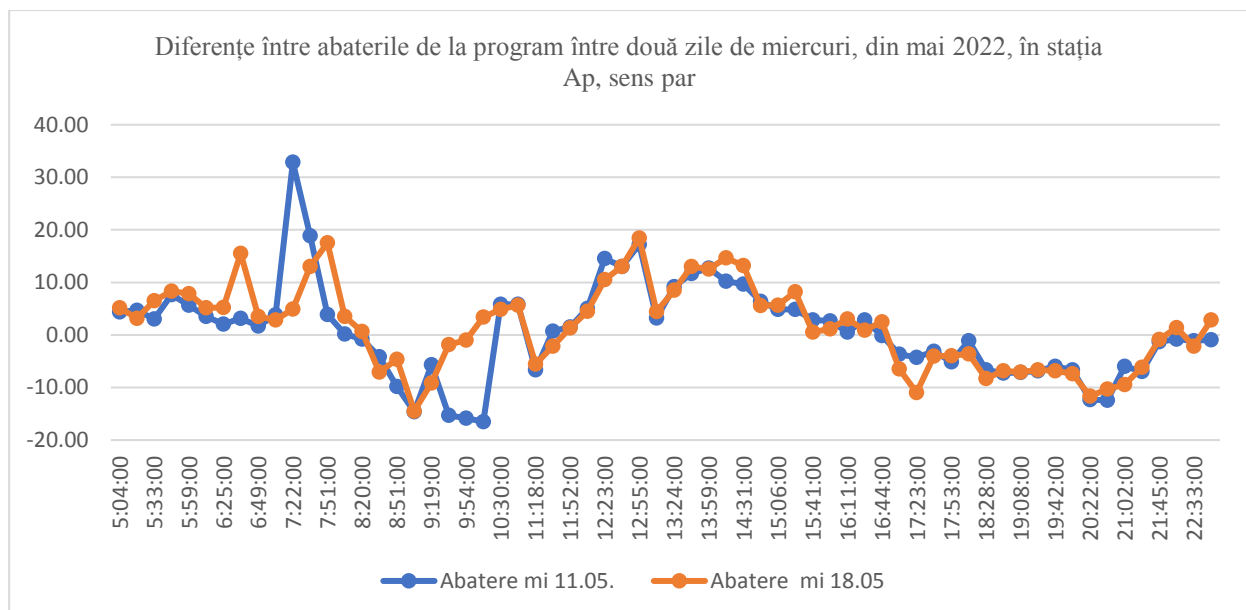


Figura 5.5. Diferențe între abaterile de la program între zilele de miercuri ale aceleși luni, sensul par

- b) **Variabilitatea între zilele de operare pe anumite intervale relevante** este de asemenea importantă (a se vedea cazul reprezentat în figura 5.18). În cazul în care se analizează cât de mari sunt diferențele între zilele de operare dintr-un anumit interval de timp, se observă întârzieri de la program care ajung și la 60 minute (ceea ce indică aceeași cauză a curselor suspendate).

Se poate constata în același timp și faptul că vacanța școlară (15.04 – 1.05.2022, perioadă indicată cu verde în figură) a condus la abateri de la program mai reduse, atât întârzieri cât și devansări. O legătură de cauzalitate însă nu a fost posibilă datorită dimensiunii restrânse a bazei de date colectate cu ajutorul AVL.

- c) **Variabilitatea între zilele de operare din timpul săptămânii și respectiv, din zile de sfârșit de săptămână, pe anumite intervale relevante**

O evidențiere a influenței pe care o au suspendările de la programul de circulație, pentru sens impar, am separat reprezentarea din figura 5.18. de mai sus în următoarele două (Fig.5.20. și

Fig.5.21), fiecare analiză adresându-se altui tip de zi, în care se face circulația, respectiv, zile de lucru și zile de sfârșit de săptămână.

**d) Analiza variației abaterilor într-o stație, la un moment selectat al programului**

Pentru sensul impar, spre periferie, în stația de interes Ai, am analizat modul în care, în zilele de lucru ale săptămânilor din perioada ian-mai 2022, în orele de după-amiaza/seara, programul a fost nerespectat, având abateri pozitive – întârzieri cât și negative, devansări (Fig.5.22), cele mai împrăștiate valori fiind înregistrate pentru orele programate de la 17:00 pînă spre ora 19:00.

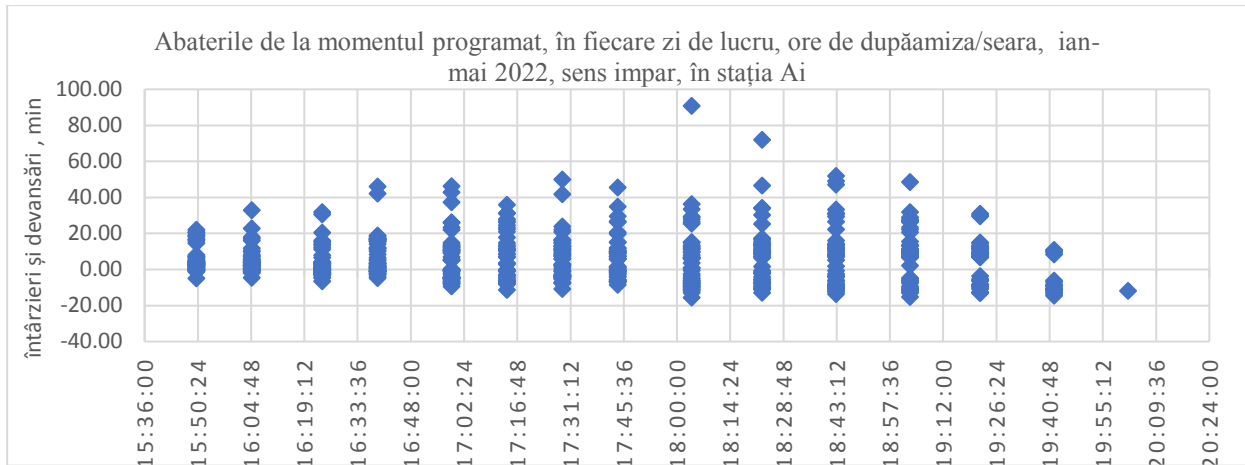


Figura 5. 6. Abaterile de la ora programată, în zilele de lucru, perioada ian-mai 2022, sens impar, stația Ai

Frecvența abaterilor indică nivelul scăzut de interes pentru respectarea orei programate, deoarece așa cum este reprezentat mai jos, în figura 5.23, se observă că doar 193 de abateri de la program din toate cele 684 înregistrări se situează în intervalul de valori declarat în literatură ca acceptat de întârziere (din partea operatorilor), ilustrat prin culoarea verde.

Multe întârzieri aprox 180 (adică aprox 26% din întârzieri sunt mai mari de 11 min., doar în orele de după-amiaza considerate, în timp ce cu aproximație, devansările mai mari de 2 minute sunt la fel de numeroase. Așteptările în stație sunt extinse și datorită devansărilor de la programul anunțat.

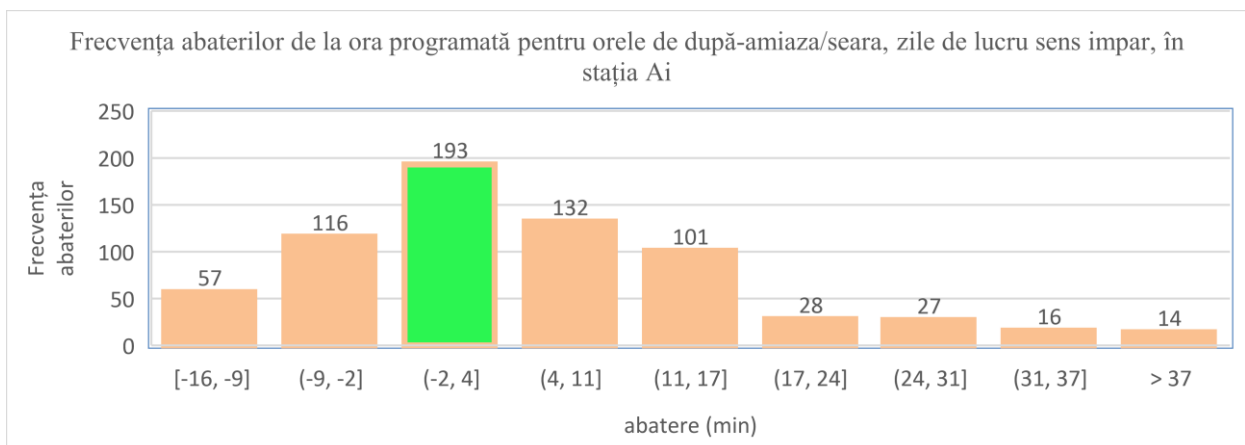


Figura 5.7. Frecvența abaterilor de la orele programate pentru circulația în zilele de lucru, pentru sens impar, în stația Ai, în perioada ian-mai 2022

Pentru zilele de sfârșit de săptămână, sâmbăta și duminica abaterile pentru fiecare oră programată de circulație sunt reprezentate în figura de mai jos (Fig. 5.24), unde se observă o

variație ridicată însă devansările de la program sunt mai reduse, din cauza efectelor pe care le produc cursele suspendate.

O analiză a frecvenței apariției încălcărilor (nerespectării) orelor programate de circulație în zilele de sâmbătă și duminică (Fig. 5.25) relevă faptul că doar 80 din cele 245 înregistrări ale datelor de circulație se înscriu în intervalul acceptat, restul de aprox 67% din totalul întârzierilor depășind valoarea de 5 min.

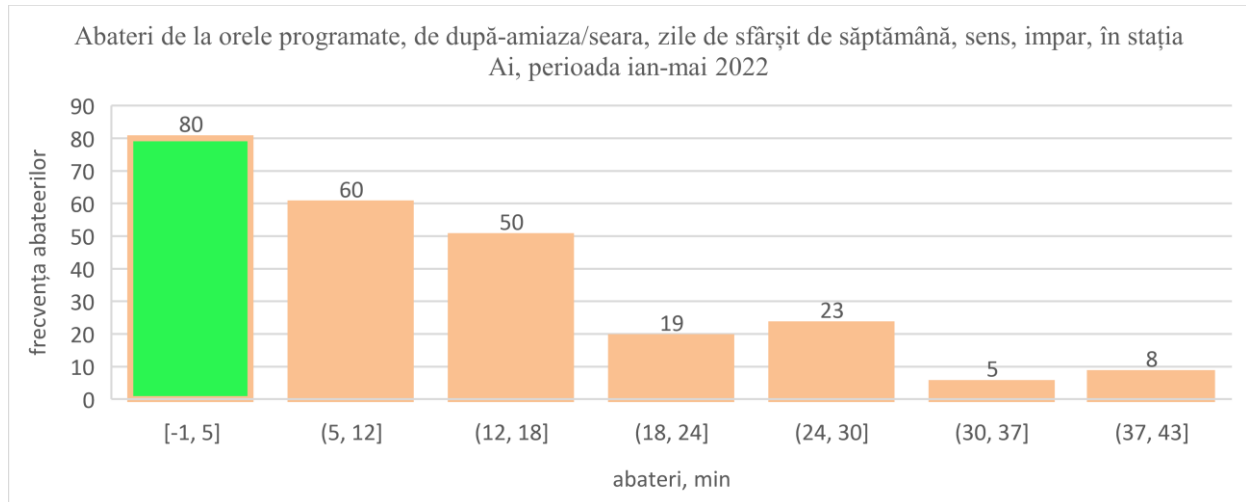


Figura 5. 8. Frecvența abaterilor de la ora programată, în intervalul de după-amiază/seara, pentru zilele de sâmbătă și duminică, sens impar, în stația Ai, perioada ian-mai 2022

Pentru sensul par analizele sunt similare, ele arătând aceeași dispersie largă a datelor înregistrate pentru circulația autobuzelor. Unele dintre aceste analize sunt utilizate în parcursul secțiunilor următoare.

### 5.3.1.2 Duratele de așteptare în stație

Așteptarea în stație, așa cum este descrisă în secțiunea dedicată calculului acesteia, este diferită de întârzierea sau devansarea circulației, călătorul așteptând până la sosirea unei curse, care este cea mai apropiată de ora programată pentru circulație, aleasă din motive endogene.

Pentru toate înregistrările realizate pe cuprinsul zilelor de operare din luna mai 2022 abaterile de la program precum și așteptările în fiecare din stațiile selectate pe sens de circulație sunt redată în figurile 5.26 și respectiv 5.27.

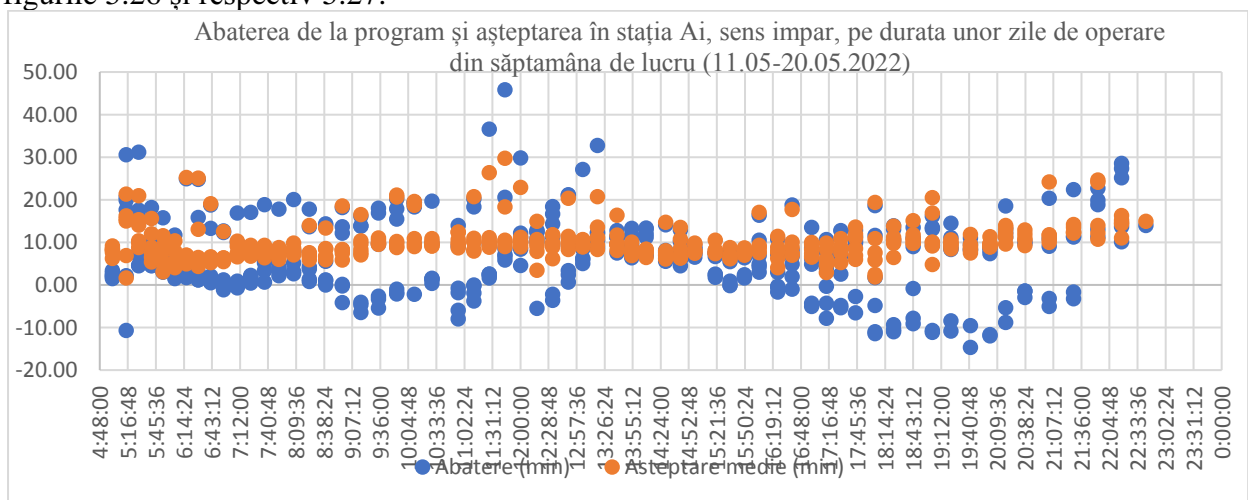


Figura 5.9. Abaterile de la program și așteptările din cuprinsul zilelor de operare din luna mai 2022, sens impar

Se observă valori mari ale așteptărilor în stație în câteva cazuri, explicate prin două și trei curse suspendate, în intervalul de operare din afara vârfului de trafic adică după ora 10:30. Trebuie făcută mențiunea că operatorul nu anunță suspendarea nici unei curse nici pe site și nici prin sistemul de informare a călătorilor, în stații acolo unde există. De remarcat faptul că devansările de la program, sunt mai dense în perioada de seară, când mai puțini călători utilizează linia de autobuz pentru întoarcerea către domiciliul situat în suburbii.

Pentru sensul par, sensul de operare, dinspre periferie spre centru, devansările de la program sunt semnificative mai ales dimineața, iar suspendările curselor apar chiar și mai devreme, dimineața (după ora 9:00), însă apar dopotrivă și pe parcursul după-amiezei și seara.

Datorită abaterilor de la program, fie că sunt întârzieri, fie ca sunt devansări, călătorul așteaptă mai mult decât jumătate din valoarea intervalului de succedare programat, o valoare "normată", rezultată din acceptarea ipotezei că utilizatorii sosesc în stație într-un ritm constant, imediat după plecarea cursei anterioare și până la sosirea cursei vizate, care nu are întârziere. Abaterile sunt mai mari cu cât întârzierile și devansările sunt mai mari, acestea jungând la valori de până la 30 min.

### 5.3.2 Distribuția statistică a abaterilor de la program

Punctualitatea (respectarea orarului) acceptată a circulației prin stație este definită în literatură prin intervalul  $(-2, 5)$  adică circulație timpurie de la  $-2$  min până la circulație întârziată cu  $+5$  min și se poate demonstra că densitatea de probabilitate a abaterilor de la acest interval urmează o lege de distribuție normală.

Din analiza statistică a abaterilor înregistrate față de programul de circulație, constatăm că abaterea este o variabilă aleatoare pentru care putem obține media  $\mu$  și deviația standard,  $\sigma$ .

Dacă prin ipoteză (care rămâne să fie verificată) considerăm că această variabilă aleatoare  $X$  urmează o lege de distribuție normală  $n(x; \mu; \sigma)$ , iar funcția de repartiție a variabilei aleatoare este:

$$F(x) = P(X < x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} dy$$

Considerând intervalul de variație dorit, definit de cele două valori,  $x_1$ , cea mai mică și  $x_2$  cea mai mare, iar ecartul dintre acestea fiind  $a = x_2 - x_1$ , se poate construi aria densității de probabilitate pentru ca punctualitatea să fie maximă, adică circulația prin stația de interes să se înscrie în intervalul  $a$ . Astfel,

$$A(x_2) = F(x_2) - F(x_2 - c) = \int_{x_2-a}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} dy$$

Pentru a afla maximul expresiei, derivăm și egalăm cu 0, și se obține:

$$A'(x_2) = -\frac{x_2-\mu}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{(x_2-\mu)^2}{2\sigma^2}} + \frac{x_2-a-\mu}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{(x_2-a-\mu)^2}{2\sigma^2}} = 0$$

ceea ce conduce la



$$x_2 - \mu = \frac{a}{2}$$

Ținând cont că derivata de ordinul doi în punctul  $x_2 = \mu + \frac{a}{2}$ , adică

$$A'' \left( x_2 = \mu + \frac{a}{2} \right) = -\frac{a}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{a^2}{8\sigma^2}} < 0,$$

rezultă că aria  $A(x)$  este maximă atunci când  $x_2 = \mu + \frac{a}{2}$ , sau că aria densității de probabilitate a domeniului abaterilor de la programul de circulație este maximă (probabilitatea ca abaterile să fie cuprinse între  $x_1$  și  $x_2$ ) atunci când cele două repere sunt situate de o parte și de alta a valorii medii a abaterilor de la program (Cevallos 2011).

Mai simplu, se poate spune că media statistică a abaterilor ar trebui să fie

$$\mu = \frac{x_1 + x_2}{2},$$

pentru a identifica domeniul de punctualitate în care să se încadreze abaterile față de programul circulației prin stație.

De exemplu, dacă respectarea orarului (punctualitatea) este considerată atunci când devansările față de orarul planificat sunt de maxim 2 min (-2), iar întârzierile nu trebuie să depășească mai mult de 4 min (+4).

Rezultă astfel că ajustarea programului ar trebui să fie făcută cu valoarea medie a domeniului de punctualitate,  $\mu_{aj}$ :

$$\mu_{aj} = \frac{-2+4}{2} = 1 \text{ min}$$

către valori devansate (dacă abaterile sunt în general de natura devansărilor față de program) sau către valori întârziate (în cazul unor date înregistrate ale circulației reale față de program).

Corecția făcută momentelor de circulație prin stația Ap de interes trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- fie de mici dimensiuni astfel încât obiceiurile de deplasare ale călătorilor să nu fie afectate major,

- să nu se aplice repetat în cuprinsul unui an ci, doar o dată sau maxim de două ori pe an, sezonier, pentru același motiv al menținerii încrederii călătorilor în furnizarea constantă a serviciului,

- valoarea de ajustare a orarului programat într-o stație să fie analizată în corelație cu necesitatea sau menținerea aceluiași orar în stațiile vecine

- dimensiunea ajustării să fie inclusă în domeniul acceptat care definește punctualitatea. Aceasta reprezintă faptul că, atunci când nivelul de exigență este ridicat (domeniul de punctualitate este redus, de exemplu - 1, + 3 min , ajustările aplicate orarului sunt mai reduse, decât în cazul opus

## 5.4 Analiza datelor privind circulația unei linii de tramvai

### 5.4.1. Metodologia și zona de studiu

Pentru studiu a fost selectată o linie de tramvai cu cale dedicată. Tramvaiele care deservește această linie sunt monitorizate de-a lungul traseului cu ajutorul tehnologiei de tip AVL, când trec prin stațiile de așteptare. (Șerban 2021)<sup>3</sup>

Linia de tramvai preia o medie de 34000 călători zilnic, de-a lungul rutei existând mai multe noduri de transfer spre alte linii de transport, atât de suprafață, cât și de subterane.

### 5.4.2 Caracteristici ale liniei studiate

Tabelul 5. 3. Indicatori ai liniei

	Zi de lucru	Zi de sfârșit de săptămână
Viteza medie	14.51 km/h	14.92 km/h
Viteza medie în perioadele de vârf	13.30 km/h	13.64 km/h
Volumul mediu de călători	1791 călători/h	1531 călători/h
Grad de utilizare a capacității	2241 călători/h	1915 călători/h

Cele mai mari abateri sunt înregistrare în trei stații de legătură cu alte linii de transport .

### 5.4.3 Ajustări ale programului de circulație planificat cu metoda algoritmilor genetici

Parametrii algoritmului genetic utilizat sunt, după cum urmează: dimensiunea populației  $Pop_{dim} = 60$  (aceeași pentru fiecare zi).

Funcția obiectiv este:

$$\min \{L \quad [\sum_{n=1}^{60} |x_{n,j_1}|, |x_{n,j_2}|, \dots, |x_{n,j_{23}}|]; \quad M[\sum_{n=1}^{60} |x_{n,j_1}|, |x_{n,j_2}|, \dots, |x_{n,j_{23}}|]; \\ V[\sum_{n=1}^{60} |x_{n,j_1}|, |x_{n,j_2}|, \dots, |x_{n,j_{23}}|]\}$$

unde:

$x_{n,j_i}$  – abaterea în ziua n și stația  $j_i$  ;

$i = \overline{1, 23}, n = \overline{1, 60}$

L – Luni, M – Miercuri, V – Vineri

Populația inițială a fost creată astfel: un cromozom a fost considerat un șir format din valorile obținute prin diferența dintre ora planificată și ora reală de trecere prin fiecare stație, fiind în total 23 de stații, însemnând că șirul va avea lungimea de 23 biți reprezentați prin valori reale pozitive și negative.

Populația cuprinde 60 de cromozomi, fiecare fiind corespondent unei zile de Luni/Miercuri/Vineri/Duminică, de-a lungul a 60 de săptămâni, începând cu 01.04.2019.

Continuând cu evaluarea, cel mai bun cromozom a fost determinat a fi  $C_9$ , și cel mai slab  $C_{33}$  - pentru zilele de luni;  $C_{21}$  - cel mai bun și  $C_{34}$  cel mai slab pentru zilele de luni;  $C_{35}$  – cel mai bun și  $C_{30}$  cel mai slab pentru zilele de luni;  $C_{46}$  – cel mai bun și  $C_{23}$  cel mai slab pentru zilele de luni.

$$P_{t+1} = \{C_1, C_2, \dots, C_{60}\}$$

<sup>3</sup> Șerban, M.A., (2021) The use of the genetic algorithms for optimizing public transport schedules in congested urban areas, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1037/1/012062>

Pentru zilele de luni, având valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție faptul că valoarea funcției  $f(x)$  să fie mai mică decât 66, astfel că 14 cromozomi vor fi eliminați înainte de operația de încrucișare.

Culoarea albastră indică valoarea minimă a abaterii în cromozomul respectiv (șirul de valori) și culoarea galbenă indică valoarea maximă.

Tabelul 5. 4. Populația inițială de abateri obținută pentru zilele de luni

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$	$S_{15}$	$S_{16}$	$S_{17}$	$S_{18}$	$S_{19}$	$S_{20}$	$S_{21}$	$S_{22}$	$S_{23}$
$C_1$ $F(x)=109.06$	-1.41	-0.68	-0.14	-2.37	-3.84	-3.57	-3.97	-5.26	-5.12	-5.74	-5.56	-5.22	-5.42	-6.28	-7.05	-7.88	-8.12	-8.17	-8.71	-9.70	-8.18	-8.03	-5.22
$C_2$ $F(x)=49.75$	-1.38	-2.21	-1.76	-2.14	-3.44	-3.02	-2.62	-2.13	-2.67	-1.96	-2.06	-1.64	-2.57	-2.76	-2.66	-2.02	-1.85	-1.79	-1.12	-4.07	-2.42	-2.57	-2.05
$C_3$ $F(x)=111.33$	-1.59	-1.20	-0.71	-2.74	-5.58	-5.04	-4.48	-5.01	-5.14	-6.56	-6.48	-7.07	-6.90	-7.41	-7.40	-7.20	-7.37	-7.14	-7.67	-7.77	-6.30	-5.15	-4.31
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$C_{58}$ $F(x)=20.38$	0.02	0.47	1.19	1.63	0.06	0.34	0.68	0.51	0.60	0.36	0.57	0.96	1.20	1.49	1.47	1.72	1.80	1.80	1.34	-2.13	-0.33	1.75	1.01
$C_{59}$ $F(x)=23.31$	-2.09	-1.81	-0.97	-0.30	-1.21	-0.96	-0.38	0.07	0.36	-0.36	-0.03	0.49	0.73	0.07	0.47	0.50	0.61	0.81	1.31	1.98	3.38	3.28	2.91
$C_{60}$ $F(x)=15.78$	-1.08	-0.63	-0.19	0.61	0.12	0.48	0.85	0.12	0.03	0.58	0.69	0.99	0.50	1.14	1.39	1.05	1.18	1.30	-1.46	-2.05	-0.87	0.58	0.41

Pentru zilele de luni, având valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție faptul că valoarea funcției  $f(x)$  să fie mai mică decât 66, astfel că 14 cromozomi vor fi eliminați înainte de operația de încrucișare.

Culoarea albastră indică valoarea minimă a abaterii în cromozomul respectiv (șirul de valori) și culoarea galbenă indică valoarea maximă.

Valoarea funcției fitness pentru fiecare cromozom din populația inițială este calculat după cum urmează:

Fiecare cromozom este format dintr-o serie de valori ale abaterilor înregistrate în fiecare stație, din ziua respectivă față de ora planificată, stabilit inițial. Aceste valori le totalizăm, cele negative fiind adunate în modul:

$$F(x) \text{ pentru } C_1 \text{ este } \sum |x_{1,j_1}|, |x_{1,j_2}|, \dots, |x_{1,j_{23}}| = 1.41 + 0.68 + \dots + 5.22 = 109.6$$

$$F(x) \text{ pentru } C_{60} \text{ este } \sum |x_{60,j_1}|, |x_{60,j_2}|, \dots, |x_{60,j_{23}}| = 1.08 + 0.63 + \dots + 0.41 = 15.78$$

Procedura este generativă. Utilizează 3 operatori principali: reproducere, încrucișare și mutație. Fiecare generație a unui algoritm genetic constă într-o nouă populație produsă din generația anterioară.

Pentru zilele de luni, date fiind valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție ca  $F(x)$  să nu fie mai mare decât 66, astfel că 14 cromozomi vor fi eliminați înaintea operației de încrucișare.

Pentru zilele de miercuri, date fiind valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție ca  $F(x)$  să nu fie mai mare decât 66, astfel că 13 cromozomi vor fi eliminați înaintea operației de încrucișare.

Pentru zilele de vineri, date fiind valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție ca  $F(x)$  să nu fie mai mare decât 66, astfel că 21 cromozomi vor fi eliminați înaintea operației de încrucișare.

Pentru zilele de duminică, date fiind valorile funcției fitness, stabilim ca și condiție ca  $F(x)$  să nu fie mai mare decât 88, astfel că 29 cromozomi vor fi eliminați înaintea operației de încrucișare.

În tabelul de mai jos am centralizat (pentru zilele de lucru) rezultatele obținute prin încrucișarea cromozomilor selectați (doi câte doi) din populația inițială de soluții generată de funcția:

$$f(x) = X_{planificat} - X_{real},$$

noile populații fiind compuse din 23 cromozomi (zile de luni), 23 cromozomi (zile de miercuri), 19 cromozomi (zile de miercuri)

Valoarea funcției fitness pentru fiecare rezultat al încrucișării poate fi regăsită în prima coloană a tabelelor, vor fi aleși următorii cromozomi pentru operația de încrucișare.

Operația de încrucișare a fost efectuată după cum urmează: elementele cromozomului părinte au fost comparate și cea mai mică valoare a unui bit a fost selectată. (dacă  $|x_{1,j_1}| < |x_{2,j_1}|$ , se alege  $x_{1,j_1}$ )

### 5.5. Soluții pentru ajustarea programului de circulație pentru operare robustă

*Operarea robustă reprezintă, în această lucrare, circulația autobuzelor fără întârzieri/devansări dincolo de marja propusă (agreată) față de programul afișat. Intervalul propus în secțiunea anterioară de (-2 min; +5 min) este cel anunțat de mai mulți operatori/agenții de management al transportului public urban, însă poate fi stabilit cu valori diferite în funcție de condițiile locale și de obiectivele administrației publice responsabile de asigurarea dreptului la mobilitate pentru cetățeni.*

Un interval stabilit doar pe baza analizelor statistice dintr-o stație de interes, chiar dacă aceasta este cea mai importantă printre câteva alte stații de pe o linie, nu poate să conducă la o ajustare corectă și viabilă pentru ansamblul liniei/liniilor pe care le deservește. Analiza ar trebui să includă studiul distribuției abaterilor de la program cel puțin și în următoarele câteva stații care sunt solicitate de fluxuri importante de călători.

Astfel în această secțiune, propun o metodologie de ajustare a programelor de circulație pentru rețeaua de servicii de transport public la nivelul unei zone/porțiuni/sau întregii rețele de linii de transport public care au program afișat (fizic în stație și/sau pe pagina web a operatorului).

Metodologia poate fi inclusă într-un program mai amplu de modernizare a monitorizării calității serviciilor de transport public oferite, caz în care poate fi extinsă, prin modernizarea parcului de vehicule cu adăugarea modulului de monitorizare a urcării/coborârii călătorilor în fiecare stație de pe traseu.

Etapile metodologiei cu precizarea periodicității îndeplinirii lor sunt descrise pe scurt în tabelul 5.12.

Tabelul 5. 5. Propunere pentru plan de management a respectării programelor de circulație

Etapa	Denumire și activități componente	Periodicitate
I	<i>Consolidarea Bazei de Date pentru analiza circulației și ajustarea programului</i>	
	- Definirea bazei de date (structură, dimensiuni, relații între câmpuri, algoritmi de verificare etc.)	anual
	-”Încărcarea” bazei de date cu informațiile legate de programul de circulație programat,	anual sau bianual
	- Colectarea datelor de circulație înregistrate de sistemul AVL pentru liniile de interes și pentru toate stațiile de pe traseu,	lunar
	-Identificarea anomaliilor, erorilor, cauzelor acelor anomalii,	lunar
	-Corectarea informațiilor înregistrate de sistemul AVL; alcătuirea unui ”registru” al corecturilor la baza de date,	lunar

Etapa	Denumire și activități componente	Periodicitate
	-Consolidarea bazei de date pentru analiză.	Pe durata unui an de operare
II	<i>Analiza abaterilor de la program și calculul ajustărilor necesare</i>	
	Determinări ale dimensiunii și caracteristicilor distribuției abaterilor de la program în stațiile de capăt de linie,	lunar
	Determinări ale legilor statistice de distribuție ale abaterilor de la program în stațiile liniilor și calculul ajustărilor necesare,	lunar
	Identificarea stațiilor în care sunt necesare ajustări la program,	lunar
	Soluții de ajustare a programului și validarea programului ajustat prin simulări ale circulației cu abaterile identificate în timpul unui an de operare	anual
III.	<i>Calculul așteptărilor medii suplimentare în stație</i>	anual
IV	<i>Consolidarea unui program managerial pentru monitorizarea abaterilor sistematice de la programul de circulație, folosind înregistrări AVL</i>	
	Determinarea anomaliilor (curse neefectuate accidental, vehicule defecte la plecare, vehicule defectate în parcurs etc),	lunar
	Determinări și raportări ale cauzelor producerii abaterilor de la program la nivel de stație, linie și pe zone ale rețelei de servicii	lunar
V	<i>Proiectarea și realizarea unei anchete pentru identificarea indicelui de satisfacție la nivelul fiecărei linii și ansamblului rețelei de servicii.</i>	anual

## Capitolul 6. ÎMBUNĂTĂȚIREA SERVICIILOR INCLUZIVE DE TRANSPORT PUBLIC URBAN DE CĂLĂTORI

### 6.1 Introducere

Un sistem de transport public inclusiv este esențial pentru accesul persoanelor cu dizabilități la educație, locuri de muncă și asistență medicală, precum și la menținerea vieții sociale cu familia și prietenii. Capacitatea de a se deplasa și de a călători independent este fundamentală pentru a diminua limitarea la o viață normală pentru persoanele cu dizabilități fizice.

În acest capitol, am propus câteva soluții pentru îmbunătățirea gradului de incluziune a serviciilor publice de transport cu autobuzul pentru persoanele cu dizabilități fizice și evaluăm impactul acestora asupra operatorului public local și utilizatorilor generali.

În secțiunea următoare, este descrisă metoda de investigare (Șerban 2022)<sup>4</sup>. A treia secțiune este dedicată descrierii adaptării efective a autobuzului obișnuit din parcul auto aflat în dotarea mai multor operatori de transport și, de asemenea, descrierii ajustării serviciului de transport pe o linie de autobuz selectată.

### 6.2.3 Selectarea unei linii de transport public urban de călători pentru adaptarea la un serviciu incluziv

Pentru a observa impactul implementării soluțiilor propuse pentru un serviciu de transport incluziv asupra utilizatorilor obișnuiți, a fost selectată o linie de autobuz relativ lungă. Oferă acces la multe zone funcționale importante (are 30 de stații de oprire) precum parcuri, piețe, centre medicale, mall, gară.

<sup>4</sup> Șerban, M.A., (2022) Impact of inclusive services of urban bus transportation on users and operator, Scientific Bulletin, Series D, Issue 3, 207-2018



## 6.3 Soluții pentru îmbunătățirea serviciilor incluzive de transport public cu autobuzul

### 6.3.1 Modificarea rampei manuale într-o rampă cu acționare electro-hidraulică

Rampa cu acționare electro-hidraulică este formată din componentele structurale principale și elementele secundare pentru mișcarea celor trei elemente structurale. Această pompă va permite transformarea rampei manuale într-o rampă de acționare electrohidraulică (figura 6.10), care se numește rampă automată pentru o diferențiere mai ușoară de rampa manuală.

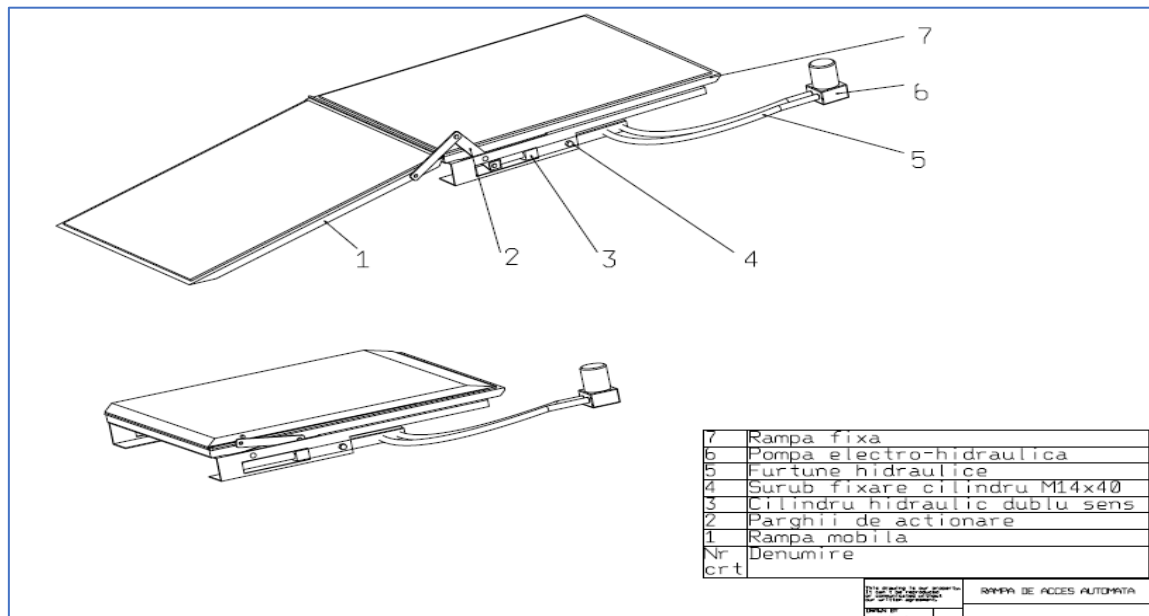


Figura 6.1. Rampă automată rabatabilă – vedere 3D

Pompa hidraulică bi-direcțională, comandată electric, acționează cei doi cilindri hidraulici, montați în ambele părți ale rampei, care încep să împingă cele două perechi de pârghii. Aceste pârghii (notate cu 2) conectate prin bolțuri, execută mișcarea de rotație a plăcii 1, încastată în podeaua autobuzului. Cu o viteză controlată de pompă, pentru a respecta timpul de deschidere prestabilit de opt secunde, placa 1 atinge suprafața trotuarului, după finalizarea mișcării de rotație și ulterior a mișcării de translație pe o înălțime de 2 cm, pentru a alinia placa 1 cu podeaua autobuzului.

Pompa hidraulică este controlată de două relee, care activează pompa hidraulică în direcții opuse pentru funcțiile de deplasare și depozitare (alimentând cilindrii hidraulici cu dublă acțiune). Nu sunt necesare elemente electronice sau senzori pentru funcționarea rampei.

### 6.3.2 Adaptarea spațiului interior al autobuzului pentru amenajarea unor locuri suplimentare pentru persoane cu dizabilități fizice

Figura 6.12 a) am reprezentat o schiță simplificată a principalelor amenajări într-un autobuz regulat de referință al parcului de transport public din marile orașe ale României. Prin eliminarea a șase locuri pentru călătorii obișnuiți, se obțin cele două spații suplimentare pentru persoanele cu dizabilități fizice. .

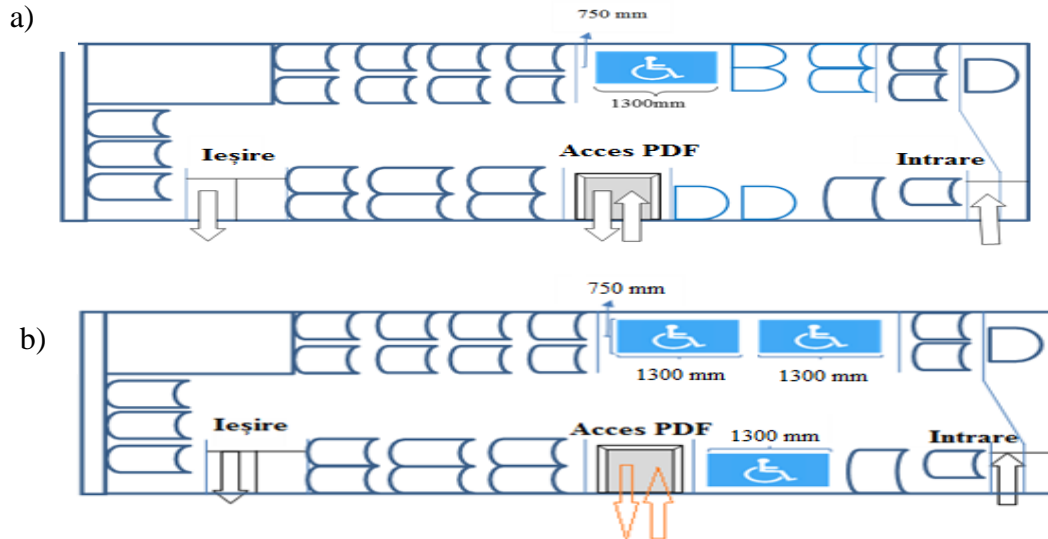


Figura 6.2. a) Autobuz urban cu lungime 12m (27 locuri și 1 loc pentru persoane cu dizabilități fizice), b) autobuz adaptat pentru trei locuri pentru persoane cu dizabilități fizice

### 6.3.3 Adaptarea serviciului de transport cu autobuzul

Rampa automată are un timp estimat de deschidere/închidere de 8 secunde, deci un ciclu complet de funcționare este de aproximativ 16 secunde.

Ceilalți timpi estimați sunt menționați în figura 6.13 de mai jos, unde este luată în considerare mai întâi ieșirea a trei persoane cu dizabilități fizice, iar apoi alte trei intrări succesive. Nu este necesar ca timpul de staționare al autobuzului în stație să cuprindă și timpul pentru blocarea scaunului cu roțile (ancorare).

Timp total de acces în autobuzele echipate cu rampă cu acționare electro-hidraulică:

$$T_{raeh} = T_{or} + T_{ib1,2,3} + T_{evinter} + T_{ab1,2,3} = 16 \text{ s} + 20 \text{ s} + 5 \text{ s} + 20 \text{ s} = 61 \text{ s}$$

unde:  $T_{or}$  = timp pentru operarea rampei electro-hidraulice;

-  $T_{ab1,2,3}$  = timp pentru coborârea succesivă a trei persoane cu dizabilități fizice;

-  $T_{evinter}$  = timp necesar pentru evitarea interacțiunii între două persoane cu dizabilități fizice care coboară și care urcă;

-  $T_{ib1,2,3}$  = timp pentru urcarea a trei persoane cu dizabilități fizice.

Deschiderea rampei, 8s																				
Coborâre utilizator 1 – 10s																				
Coborâre utilizator 2 – 10s																				
Coborâre utilizator 3 – 10s																				
Evitarea interacțiunii coborâre/urcare – 5s																				
Acces+amarare utilizator 4, 10s+30s																				
Acces+amarare utilizator 5, 10s+30s																				
Acces+amarare utilizator 6, 10s+30s																				
Închiderea rampei, 8s																				
Timp total de staționare, 61s																				

Figura 6. 3. Timp necesar pentru accesul persoanelor cu dizabilități fizice utilizând o rampă automată

Pentru identificarea efectului pe care îl are introducerea echipamentului pentru manevrarea automată a rampei de urcare/coborâre pentru persoane cu dizabilități se calculează durata totală a utilizării unei rampe manuale.

Timp total de acces în autobuzele echipate cu rampă cu acționare manuală:

$$T_{rm} = T_{aa} + T_{ic} + T_{arm} + T_{ab1,2,3} + T_{evinter} + T_{i1,2,3} + T_{irm} + T_{rc} = 190 \text{ s}$$

unde:  $T_{aa}$  = timpul necesar asigurării autobuzului;

Alegerea a trei plecări/curse ale unei linii urbane de transport cu autobuzul a fost realizată astfel încât să nu afecteze/influențeze transportul public de la orele de vârf. În tabelul de mai jos, sunt prezentate cele trei curse ale liniei de autobuz, pe o singură direcție între origine și destinație, unde am evidențiat orarul adaptat pentru circulația autobuzului special adaptat (font italic, bolduit). În orarul modificat, este inclus timpul suplimentar de staționare pentru persoanele cu dizabilități fizice ( $T_{raeh}$ ), în câteva stații (puncte de interes) selectate de-a lungul traseului liniei de autobuz.

## 6.4 Estimarea impactului adaptărilor propuse pentru un transport urban de călători mai inclusiv

### 6.4.1 Impactul adaptării autobuzelor asupra operatorului și utilizatorilor obișnuiți

Costurile totale pentru adaptarea celor două autobuze pe linie includ:

- Costul rampei automate cu acționare electrohidraulică: 7000 RON pentru tot echipamentul;
- Costul manoperei aferente montării pe autobuz (aproximativ 10 ore de muncă): 10 ore x 200 RON/oră = 2000 RON/rampă automată montată și conectată, în stare de operare;
- Costul adaptării spațiului interior al autobuzului pentru ancorarea scaunelor cu roțile (aproximativ 5 ore de lucru și piese/elemente suplimentare necesare pentru ancorare): 5 ore x 200 RON/oră + 1000 RON piese necesare = 2000 RON/autobuz adaptat.

Prin urmare, costul total pentru adaptarea a două autobuze pentru servicii de transport mai incluzive: 2 x 11000 RON /autobuz = 22000 RON.

### 6.4.2 Impactul duratei mai mari de timp datorată unui serviciu de transport incluziv asupra utilizatorilor obișnuiți

Pentru serviciul incluziv pe un singur sens, într-o direcție, există șapte stații de autobuz selectate, unde timpul suplimentar necesar pentru trei coborâri succesive ale persoanelor cu dizabilități fizice și apoi alte trei urcări durează aproximativ un minut pentru fiecare stație.

Timpul maxim estimat este de șapte minute pentru serviciul incluziv într-o direcție. În cazul în care toți utilizatorii obișnuiți din autobuzul incluziv (aproximativ 100 de utilizatori) călătoresc de la un capăt al liniei de autobuz la celălalt capăt, estimăm valoarea totală a timpului pierdut de-a lungul călătoriei respective.

Pentru această estimare folosim o metodologie simplificată (Popa 2000), (Ortuzar 2022) pentru estimarea valorii timpului de călătorie (VTC), care se bazează pe venitul mediu al călătorilor din zona de studiu. Astfel, salariul mediu net în aria analizată a fost în 2020 de aproximativ 3217 RON.

Valoarea timpului de călătorie este considerată de aproximativ 25% din salariul mediu net pe unitatea de timp, adică  $VTC = 0.25 \times 3217 \text{ RON/lună}$ : 22 zile lucrătoare/lună: 8 ore/zi: 60 min/oră = 0,076 RON/minut.

Astfel, putem concluziona că, în cel mai defavorabil caz, când autobuzul incluziv transportă toți cei aproximativ 100 de călători obișnuiți într-o călătorie dus, costul total al călătoriei într-un autobuz incluziv împreună cu persoanele cu dizabilități fizice, când timpul suplimentar este de

aproximativ 7 minute:  $7 \text{ min} \times 100 \text{ călători} \times 0,076 \text{ RON/min.} = 53,20 \text{ RON}$  pentru deplasarea pe un singur sens. Costul umbră (nemonetar) pentru fiecare călător este de doar 0,53 RON pentru o călătorie într-un autobuz incluziv, adică de fapt prețul fiecărui cetățean obișnuit pentru a trăi într-un mediu incluziv.

## Capitolul 7. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

### 7.1 Concluzii finale

1. Din cercetările și sinteza unei literaturi mai largi decât cea precizată la bibliografia lucrării, rezultă câteva elemente esențiale care fac ca tema să fie necesară și oportună și anume:

- orașul care se bazează pe mobilitate motorizată și transport rutier ajunge să nu mai fie eficient economic, pe lângă agresiunile asupra mediului natural pe care dezvoltarea infrastructurii de trafic rutier le generează.

- transportul public de călători reprezintă o obligație a autorităților publice locale, regionale sau centrale de a asigura locuitorilor "dreptul la mobilitate", și reprezintă totodată instrumentul principal aflat la îndemâna autorității pentru soluții de amenajare urbană sustenabilă.

- în cazul orașelor care nu au investit din timp în măsuri de decongestionare a traficului (lipsa investiții atât în sistemul de transport public, cât și într-o infrastructură favorabilă transportului în comun și pietonilor), gradul de motorizare al locuitorilor a crescut, transportul în comun devenind necompetitiv și ineficient în lipsa unor politici de dezvoltare a acestuia.

- traficul urban suprasaturat de vehicule personale nu permite o evoluție sustenabilă a orașului, multe zone fiind lipsite de acces facil la principalele puncte de interes al unei așezări urbane.

- implementarea soluțiilor de tip "mobilitate ca serviciu" (Mobility as a Service) integrate serviciilor de transport public de calitate, ca element de bază, poate conduce la atragerea utilizatorilor de transport individual cu autoturismul către o mobilitate socială sustenabilă.

Necesitatea temei de cercetare a condus la formularea unor întrebări de cercetare care au orientat efortul de analiză, sinteză și de cercetare pentru a identifica soluții de îmbunătățire a calității serviciilor de transport public urban de călători.

2. Pentru clarificările conceptuale și diferențieri ale noțiunii de calitate folosit în domenii diverse, cum sunt domeniul producției de bunuri materiale, domeniul prestării de servicii, iar dintre acestea, prestarea de servicii publice, și apoi și mai restrâns, pentru serviciile de transport public de călători din mediul urban, am analizat și sintetizat diversele înțelesuri, definiții, tratări într-un capitol distinct, iar cele mai importante concluzii sunt, după cum urmează

- în literatură, calitatea serviciilor, în general, este un concept diferit de calitatea produselor, cu reprezentare materială, deși unele similarități pot exista, mai ales datorită precedenței pe care o au cercetările legate de dezvoltarea sistemelor de asigurare a calității fabricației.

- pentru servicii, calitatea **percepută** de utilizator este elementul, care, dacă ajunge la niveluri ridicate, prin soluții adecvate, influențează pozitiv, mai departe, calitatea **realizată** de către operatorul serviciului de transport, ceea ce poate deveni un cerc virtuos al unei mobilități sustenabile.

- calitatea serviciilor de transport public într-un anumit spațiu de analiză depinde de deciziile strategice, tactice și operative la care contribuie atât autoritatea publică dar și administrațiile de diferite categorii precum și comunitățile de utilizatori prin nivelul acestora de exigență.

- în evaluarea calității se pot utiliza *indicatorii cantitativi* cu care se apreciază proprietăți ale serviciului de transport public, observate direct, sau/ și *indicatorii calitativi*, prin care estimează percepțiile călătorilor.

- serviciul de transport public este unul aparținând sferei serviciilor reglementate, iar reglementările și directivele la nivel național și european se impun a fi implementate adecvat în practica curentă a furnizorului, autorității și utilizatorilor.

- pentru determinări mai precise asupra calității realizate a serviciului de transport public urban, tehnologiile informaționale pun la dispoziție sistemul de urmărire circulației (Automated vehicle location- AVL).

3. Colectarea datelor pentru evaluarea nivelului de calitate a serviciilor de transport reprezintă încă un subiect neclarificat în totalitate, asupra căruia am realizat cercetări în literatura de specialitate, care au sprijinit mai departe demersul de cercetare practică întreprins. Câteva din cele mai importante concluzii ale investigărilor teoretice, sunt după cum urmează:

- principalele tehnici de colectare a datelor pentru anchetele și sondajele privitoare la calitatea transportului public sunt similare investigării statistice cu alte scopuri diferite de transport, diferențiate de câteva particularități, legate de tipurile de anchete, tipuri de întrebări – de preferință observată și/sau de preferință declarată, tipuri de răspunsuri permise, dimensionarea eșantionului, scări de evaluare.

- diferențe esențiale rezultă însă mai ales din nevoia de a ajuta respondentul în dezvăluirea impresiilor/ percepției asupra călătoriilor efectuate (pentru observarea obiceiurilor de deplasare).

- este nevoie de adaptare a chestionarelor și modului de realizare a anchetelor pentru a oferi sprijin în înțelegerea corectă a întrebărilor de preferință declarată (având ipoteze de mobilitate și transport poate necunoscute, față de care respondentul trebuie să formuleze un răspuns util analistului).

4. Pentru a răspunde la mai multe întrebări de cercetare, în capitolul patru am proiectat, realizat ancheta în faza de pilotare, și apoi am organizat bazele de date și am analizat rezultatele pentru două tipuri de anchete:

a. prima anchetă este destinată determinării factorilor care influențează relevant percepția călătorilor (gradul de satisfacție),

b. a doua anchetă are ca obiectiv identificarea importanței pe care o are cunoașterea/afișarea programului de circulație în fiecare stație de așteptare a transportului public, pentru o linie de transport dinspre periferie, numită și linie de transport de colectare/"feeder" pentru tranzitul de mare capacitate și viteză (tramvai cu cale dedicată sau metrou).

Principalele concluzii ale anchetelor realizate au fost:

- persoanele din zona de la periferie, în mare măsură **depind** de linia de autobuz ce deservește întreaga arie rezidențială, deoarece nu au alte alternative de deplasare (nu posedă permis de conducere, autoturism propriu sau în familie, nu există infrastructură rutieră amenajată pentru deplasarea pe jos). Dintre aceștia, 63,64% au declarat că utilizează zilnic transportul în comun, dus-întors, în special pentru deplasarea la locul de muncă;

- reclamațiile depuse la operatorul de transport nu au condus la schimbări în ceea ce privește frecvența autobuzelor, ci doar răspunsuri generale pe căi media conform cărora sunt efectuate toate demersurile necesare pentru asigurarea transportului public pentru zona respectivă. Acesta este un motiv pentru care foarte puțini călători declară că vor mai înainta astfel de reclamații. Prin urmare, un indicator de calitate bazat pe numărul de reclamații depuse și rezolvate, raportat de operator este inoperant;

- câțiva respondenți au declarat că utilizează o aplicație smartphone sau consultă orarul de circulație afișat pe site-ul oficial al operatorului de transport. Acești respondenți în mare majoritate, declară totodată și faptul că din experiența lor nu există punctualitate a circulației



conform momentelor programate și afișate, semnalând mari diferențe între orarul de pe site și circulația realizată efectiv;

- în absența unui program de circulație actualizat periodic și afișat în stațiile de așteptare, dar și a lipsei de informare călători prin alte mijloace moderne (aplicații mobile, generalizarea panourilor de afișare în fiecare stație etc. ), aproximativ 92% dintre respondenți au declarat că au fost zile în care au așteptat perioade mari de timp (20-40 minute) din diverse motive (autobuz defect, grad mare de aglomerare pe traseul liniei, autovehicule parcate neregular care au încurcat circulația autobuzelor, curse suspendate);
- cei mai interesați de afișarea programului de circulație în stațiile de așteptare sunt persoanele mature, deoarece găsesc această facilitate utilă și simplă pentru a diminua timpul petrecut, uneori cu dificultate, în stații. Aceste persoane nu sunt familiarizate cu tehnologiile moderne, diverse aplicații smartphone etc.
- O proporție de 56.17% dintre respondenți sunt destul de nemulțumiți și nemulțumiți de respectarea programului de circulație, 53,09% față de frecvența mijloacelor de transport în comun, iar 62,04% au reclamat lipsa afișării programului de circulație în stațiile de așteptare. În capitolele următoare 5 și 6, cercetările întreprinse au utilizat rezultatele anchetelor legate de percepțiile utilizatorilor din capitolul 4, la identificarea unor soluții de creștere a calității serviciului public de călători.
- Concluziile anchetelor desfășurate se află în contradicție cu definiția *stației de așteptare*, prezentată în regulamentul serviciului comunitar de transport public local de călători, care prevede necesitatea afișării orarului de circulație a liniilor de transport care deservește fiecare stație.

În capitolul cinci am propus o metodologie de ajustare a programului de circulație pentru două categorii de servicii de transport public de călători din mediul urban, în urma analizelor asupra unei baze de date constituite din înregistrări cu sistemul AVL. Cele două categorii de servicii de transport sunt:

- a- o linie de autobuz de "alimentare" (feeder) care circulă dinspre periferia ariei urbane/periurbană, către alte linii "colectoare" ale rețelei de transport public urban de călători,
- b- o linie de tramvai cu traseu circular, cu rol de traseu "de colectare".

Baza de date pentru analiză a fost realizată folosind:

- înregistrările momentelor de trecere prin stație (de plecare),
- momentele planificate de circulație, corespunzător paginii web a operatorului,
- calculul abaterilor de la program, ținând cont de diferite situații în care se poate găsi un anume serviciu (întârziere/devansare de la capăt, întârziere/devansare pe traseu, suspendarea serviciului și diferite succesiuni ale curselor aflate pe traseu),
- calculul așteptărilor în stații, ținând cont de diferitele situații (combinații posibile) în care se pot găsi cursele care au abateri de la program.

Cele mai importante concluzii ale capitolului 5 sunt, după cum urmează:

-Operatorul de transport și autoritatea pot consolida o bază de date cu un conținut complet pentru ansamblul rețelei de servicii, cu structură similară celei prezentate în teză, care să fie utilizată anual sau bianual pentru ajustarea anuală sau sezonieră a programului afișat.

-Analizele abaterilor de la program trebuie realizate sistematic, cu o periodicitate crescută, de exemplu lunar, pentru a identifica cauza suspendării curselor și marilor întârzieri, cel puțin în stațiile de interes ale fiecărei linii.

-Descrierea statistică a abaterilor sistematice de la program trebuie să stea la baza identificării valorii de ajustare a programului, cel puțin în stațiile de interes și cu cel mai mare flux de călători. Analizele statistice pot fi realizate pentru a identifica un "pattern" al abaterilor, ținând cont de orele zilei de operare, zilele din săptămâna de operare, ora programată de circulație prin fiecare stație.

Ajustarea programului de circulație planificat poate fi realizată și folosind metoda algoritmilor genetici, unde cromozomul este constituit din abaterile de la program din fiecare stație, adică întârzieri sau devansări, având lungimea numărului de stații dintr-un sens.

Populația poate fi constituită din numărul de înregistrări ale abaterilor din diferite zile de operare. În teză, de exemplu, populația este constituită din 60 de cromozomi, fiecare fiind corespondent unei zile de Luni/Miercuri/Vineri/Duminică, de-a lungul a 60 de săptămâni. Se poate determina o funcția de fitness care aplicată fiecărui cromozom din mulțime, conduce la identificarea valorii de ajustare a programului pentru o generație cu valori ale funcției fitness minimizate.

Fiecare generație a constat într-o nouă populație produsă din generația anterioară, care este caracterizată de valori ale abaterilor din ce în ce mai reduse. După un număr de iterații, valorile funcției fitness au tendința să devină constante, însemnând că cea mai bună soluție a ultimei generații este foarte apropiată de soluția optimă.

Am ales această metodă pentru optimizarea programului de circulație a unei linii de transport deoarece: spațiul de căutare pentru soluții este suficient de mare încât o căutare exhaustivă ar fi fost practic imposibilă.

În capitolul 6 am analizat soluții pentru a realiza un transport public urban de călători incluziv, cu referire la persoane cu dizabilități fizice, ținând cont că bună parte a parcului deținut de operatorii de transport din România dotat cu rampe de acces, nu posedă sistem de acționare automată, ceea ce conduce la timp suplimentari în stațiile de pe traseu.

Cele mai importante concluzii ale acestui capitol, sunt următoarele:

- Automatizarea rampei de acces este posibilă, iar costul total al adaptării a două autobuze pentru operarea unei linii de autobuz cu aproximativ 30 de stații de oprire este aproximativ 22000 RON; efortul monetar pentru operatorul public și, în ultimă instanță, pentru municipalitate poate fi alocat treptat.
- Pentru fiecare stație de oprire, se poate reduce durata de staționare cu cel puțin *1 minut* dacă autobuzele dotate cu o rampă automată destinată persoanelor cu dizabilități fizice, în comparație cu cele dotate cu o rampă manuală. Totodată, este eliminată interacțiunea cu conducătorul auto și astfel riscul unei eventuale atitudini nepotrivite față de utilizator.
- Capacitatea de transport pentru călătorii obișnuiți din autobuz care stau în picioare nu este redusă semnificativ, ci doar pentru călătorii de pe scaune, iar acest aspect ar trebui investigat în continuare pentru a afla percepția călătorului obișnuit cu privire la configurația autobuzului special adaptat pentru persoane cu dizabilități fizice.
- Costul "umbră" pentru fiecare călător este de doar 0,68 RON pentru o călătorie într-un autobuz incluziv, adică de fapt prețul fiecărui cetățean obișnuit pentru a trăi într-un mediu incluziv.

## **7.2. Contribuții proprii**

Într-o listă a principalelor contribuții proprii în teza de doctorat, pot enunța cel puțin pe următoarele, după cum urmează:

1. Sinteza literaturii pentru determinarea necesității dezvoltării tezei, relevând dificultățile întâmpinate în mobilitatea și transportul din marile orașe și suportul pe care poate să-l ofere transportul public urban de calitate responsabililor cu amenajarea urbană.
2. Clarificări conceptuale și diferențieri ale noțiunii de calitate folosit în domenii diverse, cum sunt domeniul producției de bunuri materiale, domeniul prestării de servicii, iar dintre acestea, prestarea de servicii publice și mai, restrâns, pentru serviciile de transport public de călători din mediul urban am analizat și sintetizat diversele înțelesuri, definiții, tratări.
3. Sinteza metodelor și tehnicilor de colectare a datelor pentru evaluarea nivelului de calitate a serviciilor de transport, care se diferențiază prin diferite particularități de tehnicile utilizate în alte domenii.

4. Proiectarea, realizarea anchetei în faza de pilotare, și apoi realizarea bazelor de date și analiza rezultatelor pentru două tipuri de anchete:
  - a. prima anchetă, care este destinată determinării factorilor care influențează relevant percepția călătorilor (gradul de satisfacție) privind calitatea serviciilor de transport public,
  - b. a doua anchetă, care are ca obiectiv identificarea importanței pe care o are cunoașterea/afișarea programului de circulație în fiecare stație de așteptare a transportului public cu autobuzul, pentru o linie de transport dinspre periferie, numită și linie de transport de colectare/"feeder" pentru servicii de tranzit de mare capacitate și viteză (tramvai cu cale dedicată sau metrou).
5. Realizarea unei metodologii de ajustare a programului de circulație pentru două categorii de servicii de transport public de călători din mediul urban, în urma analizelor asupra unei baze de date constituite din înregistrări cu sistemul AVL. Analiza statistică a abaterilor de la program pentru:
  - a- o linie de autobuz de "alimentare" (feeder) dinspre periferie, către alte linii "colectoare" ale rețelei de transport public urban de călători,
  - b- o linie de tramvai cu traseu circular, cu rol de traseu "de colectare".
6. Proiectarea și realizarea bazei de date pentru analiza și calculul ajustărilor la programul de circulație pentru operare robustă.
7. Descrierea statistică a abaterilor sistematice de la program pentru identificarea valorii de ajustare a programului în stațiile de interes și cu cel mai mare flux de călători.
8. O soluție pentru ajustarea programului de circulație planificat cu metoda algoritmilor genetici pentru o linie de tramvai cu cale dedicată.
9. Proiectarea unei soluții de automatizare a acționării rampei de acces care se găsește în dotarea parcului de autobuze dar acționarea este manuală, precum și estimarea costurilor de modernizare a unui autobuz
10. Soluție de adaptare a interiorului autobuzelor destinate unui transport public mai incluziv prin lărgirea, percum și estimarea costurilor de adaptare.
11. Identificarea unor servicii/curse destinate unui transport incluziv și estimarea impactului asupra celorlați utilizatori din cauza așteptărilor prelungite în stații pentru accesul persoanelor cu dizabilități fizice.

### 7.3. Direcții de cercetare viitoare

Teza de doctorat pune în discuție, din nou, calitatea pe care ar trebui să o ofere un serviciu de transport public, adaptat nevoii de flexibilitate și de integrare/intermodalitate pe care au cetățenii din mediul urban dens..

Cercetările întreprinse în teză au limitarea majoră a unor date înregistrate doar în câteva luni din ianuarie până în mai 2022, când activitățile economice și sociale au fost reluate după restricții majore de interacțiune fizică.

- a. Așadar, baza de date pentru analiza ajustării anuale (sau sezoniere) a programului de circulație trebuie extinsă pentru a lua în considerare un comportament stabil atât pentru operator cât și pentru utilizatori.
- b. O direcție de studiu ar trebui să adreseze mai ales *non-utilizatorii* serviciilor de transport public. Se vor putea identifica în detaliu ce își doresc/ce preferințe au *non-utilizatorii* care îndeplinite să le schimbe comportamentul de dependență de automobil.
- c. Soluțiile identificate pentru adaptarea unor servicii de transport cu autobuzul la nevoi ale unor persoane cu dizabilități fizice și calculul costurilor monetare pentru operatori și al celor nemonetare/ umbră pentru utilizatorii generali pot fi extinse pentru alte categorii persoane cu dizabilități/ accesibilitate spațială redusă.
- d. Pentru o acoperire spațială mai mare a unei rețele de transport public robust, incluziv, sunt necesare cercetări suplimentare pentru a stabili liniile de autobuz și troleibuz și proporția din parcul auto al fiecărui operator, adaptat pentru nevoile speciale ale persoanelor cu dizabilități fizice.

- e. Realizarea unor anchete ”in-depth” cu reprezentanți ai autorităților publice locale pentru identificarea disponibilității municipalităților de a susține un transport public gratis.

### BIBLIOGRAFIE selectivă

1. Cervero, R. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of Transport and Land Use* 6(1), 7–24.
2. Cevallos, F., Wang, X., Chen, Z., Albert Gan, A. (2011) Using AVL Data to Improve Transit On-Time Performance, *Journal of Public Transportation*, Vol. 14, No. 3, p. 21-40
3. Chakrabarti, S., Giuliano, G. (2015) Does service reliability determine transit patronage? Insight from the Los Angeles Metro bus system, *Transport Policy*, 42 (2015) p 12-25
4. Costescu, D., Stere, A. Ș. and Șerban, M-A (2021) Network of Dedicated Bus Lanes: A Solution to Increase the Accessibility of the Urban Intermodal Transport. In *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, vol.10, no.2, pp.1-15. <https://doi.org/10.2478/rjti-2021-0008>
5. David Levinson and David King (2020), *Transport Access Manual: A Guide for Measuring Connection between People and Places*, Committee of the Transport Access Manual, University of Sydney.
6. De Ona, J.(2021) Service Quality, Satisfaction and Behavioural Intention towards Public Transport from the Point of View of Private Vehicle Users. *Transportation*. Volume 49, Number 1, Springer, p. 237-269, <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10175-7>
7. De Ona, J., Estevez, E., De Ona, R. (2021) Public transport users versus private vehicle users: Differences about quality of service, satisfaction and attitudes toward public transport in Madrid (Spain). *Travel Behaviour and Society* vol 23, no.1, p.76-85, DOI:10.1016/j.tbs.2020.11.003
8. Flash Eurobarometer 382b, (2014) Europeans’ satisfaction with urban transport, TNS Political & Social
9. Gardner, K., D’Souza, C., Hounsell, N.B., Shrestha, B.P., Bretherton, R.D. (2009) London’s bus priority at traffic signals in a worldwide context. *Annual Polis Conference*, Brussels
10. Gómez-Lobo, A. (2011). Affordability of Public Transport: A Methodological Clarification. *Journal of Transport Economics and Policy*, 45(3), 437–456. <http://www.jstor.org/stable/23072199>
11. Groșan M.A. (2019), SIPOCA9 - Consolidarea cadrului pentru creșterea calității serviciilor publice și pentru sprijinirea dezvoltării la nivel local, MDRAP, SNSPA, 2016-2019, <https://snspa.ro/cercetare/proiecte/sipoca-9/> (Accesat 27.07.2022)
12. Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., Schäfer, A., (2016) A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport, *Transportation Research Procedia*, Volume 14, Pages 3294-3303, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.277>
13. Kathuria, A., Parida, M., Sekhar, C.R. (2020) A Review of Service Reliability Measures for Public Transportation Systems. *Int. Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. 18, 243–255 <https://doi.org/10.1007/s13177-019-00195-0>
14. Kouwenhoven, Marco, et al. "New values of time and reliability in passenger transport in the Netherlands". *Res. Transp. Econ.* 47, 2014, pp. 37–49
15. Li, Y., Voegelé, T. (2017) Mobility as a Service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required. *Journal of Transportation Technologies*, 7, 95-106. doi: 10.4236/jtts.2017.72007
16. Litman, T. (2021) “The Roadway Expansion Paradox,” *Planetizen.com*, ([https://www.planetizen.com/blogs/115395-roadway-expansion-paradox?utm\\_source=newswire&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=news-12022021&mc\\_cid=89cc0b2638&mc\\_eid=9ccfe464b1](https://www.planetizen.com/blogs/115395-roadway-expansion-paradox?utm_source=newswire&utm_medium=email&utm_campaign=news-12022021&mc_cid=89cc0b2638&mc_eid=9ccfe464b1) – Accesat în 27.07.2022)
17. Louviere, J.J., Hensher, D.A., Swait, J.D., (2000) *Stated Choice Methods. Analysis and Applications*, Cambridge University Press, <https://www.researchgate.net/publication/215666083>
18. MA, Z., Ferreira, L., Mesbah, M., (2013) “A framework for the development of bus service reliability measures”. *Proceedings of Australian Transport Research Forum*, Brisbane, Australia.
19. MaaS Alliance, (2017) "White Paper: Mobility as a Service (MaaS)". Brussels, [https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2017/09/MaaS-WhitePaper\\_final\\_040917-2.persoane cu dizabilități fizice](https://maas-alliance.eu/wp-content/uploads/sites/7/2017/09/MaaS-WhitePaper_final_040917-2.persoane%20cu%20dizabilitați%20fizice)

20. Ortuzar, J de D., Willumsen, L.G (2011) *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, N.Y. 607 pg.
21. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *The Journal of Marketing*, 41-50.
22. Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L. (2004) 'SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality', *Retailing: Crit Concepts Bk2*, vol. 64, no. 1,p. 140
23. Park, S.J., (2005) *Bus Network Scheduling with Genetic Algorithms and Simulation*, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park
24. Popa, M., (2009), *Economia Transporturilor*, Politehnica Press, 325 pg.
25. Raicu Ș și col (2003) *Cercetări privind realizarea unui sistem de transport public urban pentru zonele subservite ale Municipiului București*, Program AMTRANS, beneficiar MEC, contract 5C03/ 7.09.2003
26. Raicu, R., Raicu, Ș., Popa, M., Costescu, D. (2006) The influence of transportation networks reliability on city logistics, p.117-131, in: *Recent Advances in City Logistics*, eds: Eiichi Taniguchi, Russell Thompson, Elsevier Ltd., ISBN: 978-0-08-044799-5, 556 pg.
27. Raicu, Ș (2009) *Sisteme de transport*. Editura AGIR, București, 448 pg.
28. Raicu, Ș și col. (2000) *Cercetări privind calitatea în serviciile de transport*, Contract de cercetare nr. 526/15.06.2000, UPB-CCPCT, beneficiar MEC.
29. Raicu, S., Costescu, D. (2020). *Mobilitate. Infrastructuri de trafic*. Editura AGIR, 444 pg.
30. Richardson, A.J., Ampt, E.S., Meyburg, A.H., (1995) *Survey Methods for Transport Planning*, Eucalyptus Press, Melbourne, Australia, 475pg.
31. S.A. Arhin, S.A., Noel E. C., Dairo, O. (2014) *Bus Stop On-Time Arrival Performance and Criteria in a Dense Urban Area*. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering* 2014, 3(6): 233-238, DOI: 10.5923/j.ijtte.20140306.01
32. Șerban, M.A., (2021) *Methods, Instruments in Evaluating the Satisfaction Index of Passengers in Urban Public Transport*, *Advances in Science and Technology*, ISSN: 1662-0356, Vol. 110, pp 71-80
33. Șerban, M.A., (2021) *The use of the genetic algorithms for optimizing public transport schedules in congested urban areas*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1037/1/012062>
34. Șerban, M.A., (2022) *Impact of inclusive services of urban bus transportation on users and operator*, *Scientific Bulletin, Series D, Issue 3*, pp. 207-2018
35. Silva, C., Sousa, J., Runkler, T., (2008) *Rescheduling and Optimization of Logistics Process Using GA and ACO*, *Journal of Engineering Application of Artificial Intelligence*, Vol.21, No.3.
36. *Transportation Research Board (2003) Transit Capacity and Quality of Service Manual -2nd Ed., Transit Cooperative Research Program, Report 100*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
37. *TRB -Transportation Research Board (2018) Developing a Guide to Bus Transit Service Reliability*, Transit Cooperative Research Program, Document 72. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
38. Trompet, M. (2010) *The Development of a Performance Indicator to Compare Regularity of Service between Urban Bus Operators*. International Bus Benchmarking Group. Centre of Transport Studies at Imperial College London, 61 pg.
39. UN – United Nation. (2006) *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*, <https://www.un.org/esa/socdev/enable/rights/convtexte.html>
40. UNDP – Sustainable Development Goals, 2015. <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
41. van Oort, N. (2011). *Service Reliability and Urban Public Transport Design*. Delft University of Technology, Netherlands
42. Van Oort, N., van Nes, R., (2007). *RandstadRail: Increase in Public Transport Quality by Controlling Operations*, presented at Second International Seminar on Railway Operations Research, Hanover, Germany
43. Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality and value: A means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52, 2-22