

OPTIMIZAREA ȘI CONFIGURAREA UNUI SERVICIU DE TRANSPORT PUBLIC – COMPONENTĂ A MANAGEMENTULUI INFORMATIZAT AL SISTEMELOR PENTRU SERVICII

Iulia VOINESCU, Theodor BORANGIU

Universitatea „Politehnica“ din București

REZUMAT. Această lucrare tratează aspecte privind dezvoltarea și implementarea unui model generic de sistem pentru servicii (SServ), concentrându-se pe subsistemul de Organizare și Configurare a Serviciului (OCS), ca răspuns la cererea de ofertă a unui client. OCS este acea componentă a SServ care asigură configurarea unui serviciu existent / crearea unui serviciu nou în conformitate cu cererea clientului, cu ajutorul unui sistem informatic care asigură managementul serviciului pe durata ciclului de viață al acestuia. În lucrare este prezentat un studiu de caz pentru un serviciu de transport public.

Cuvinte cheie: sistem pentru servicii, co-crearea valorii, alocarea resurselor, serviciu de transport public.

ABSTRACT. The paper describes the development framework and implementing solution of a generic service system (SServ) model, with emphasis on the Service Set-up and Configuring subsystem (SCSU), in response to a customer's offer request. SCSU represents the component of a SServ that allows configuring an existing service / creating a new service taking into consideration the client's request, by help of an information system which performs management of the service over its lifecycle. A case study for a public transport system is included in the paper.

Keywords: service system, value co-creation, resource allocation, public transport service.

1. INTRODUCERE. MODELUL ACTIVITĂȚILOR UNUI SISTEM PENTRU SERVICII

Un sistem organizațional poate fi privit ca un set de procese de lucru (*business processes*) structurate în două subsisteme principale (Mora, 2003), (Mora, 2011):

- subsistemul de management;
- subsistemul de producție.

Conform (Weske, 2012), un proces de lucru constă dintr-un set de activități desfășurate în mod coordonat într-un mediu organizațional și tehnic. Aceste activități realizează împreună obiectivul de afaceri. Fiecare proces de lucru este activat într-o singură organizație, dar poate interacționa cu procesele de lucru desfășurate în alte organizații.

Managementul proceselor de lucru (*Business Process Management*) este un domeniu al științelor economice care studiază concepte, metode și tehnici folosite în: proiectarea, administrarea, configurarea, execuția și analiza proceselor de lucru, și pentru care au fost dezvoltate tehnologii software și un cadru informațional de implementare.

Un sistem de management al proceselor de lucru (*business process management system*) este un sistem software generic care este guvernat de reprezentări explicite ale proceselor, având scopul de a coordona execuția proceselor de lucru.

Modelul de activități al unui sistem generic pentru servicii (SServ) evidențiază, într-o abordare derivată din ciclul de viață al serviciilor, și interacțiunile dintre părțile interesate: furnizorul de serviciu (împreună cu sub-furnizorii din lanțul său de aprovizionare și subcontractare de servicii), clientul (consumatorul serviciului), competitorii și organismele de conformitate (cadru operațional legal la nivel național și al UE, autorități).

Modelul ciclului de viață al unui sistem generic pentru servicii include patru etape principale (fig. 1):

- (1) Managementul Comenzii Clientului (MCC);
- (2) Managementul Serviciului (MS);
- (3) Managementul Operațiilor Serviciului (MOS);
- (4) Taxarea și Facturarea Serviciului (TFS).

Aceste patru etape sunt mapate pe cele patru activități de bază ale oricărui tip de serviciu: (a) Proiectare și Dezvoltare, (b) Livrare, (c) Managementul Operațiilor, (d) Marketing, vezi figura 1.

OPTIMIZAREA ȘI CONFIGURAREA UNUI SERVICIU DE TRANSPORT PUBLIC

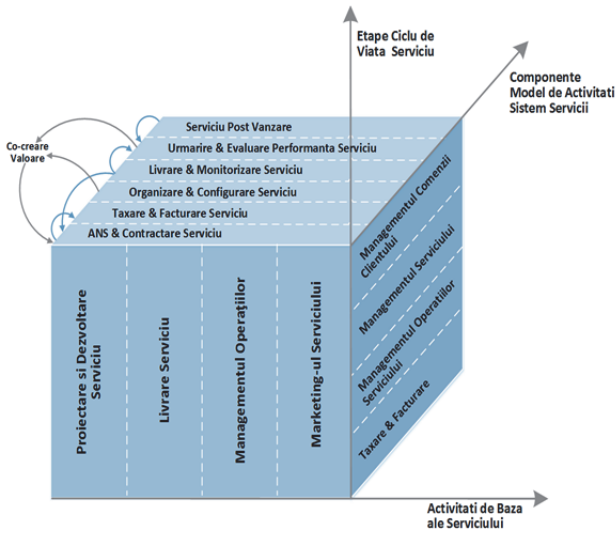


Fig. 1. Cele trei perspective ale modelului de activități din cadrul unui sistem generic pentru servicii

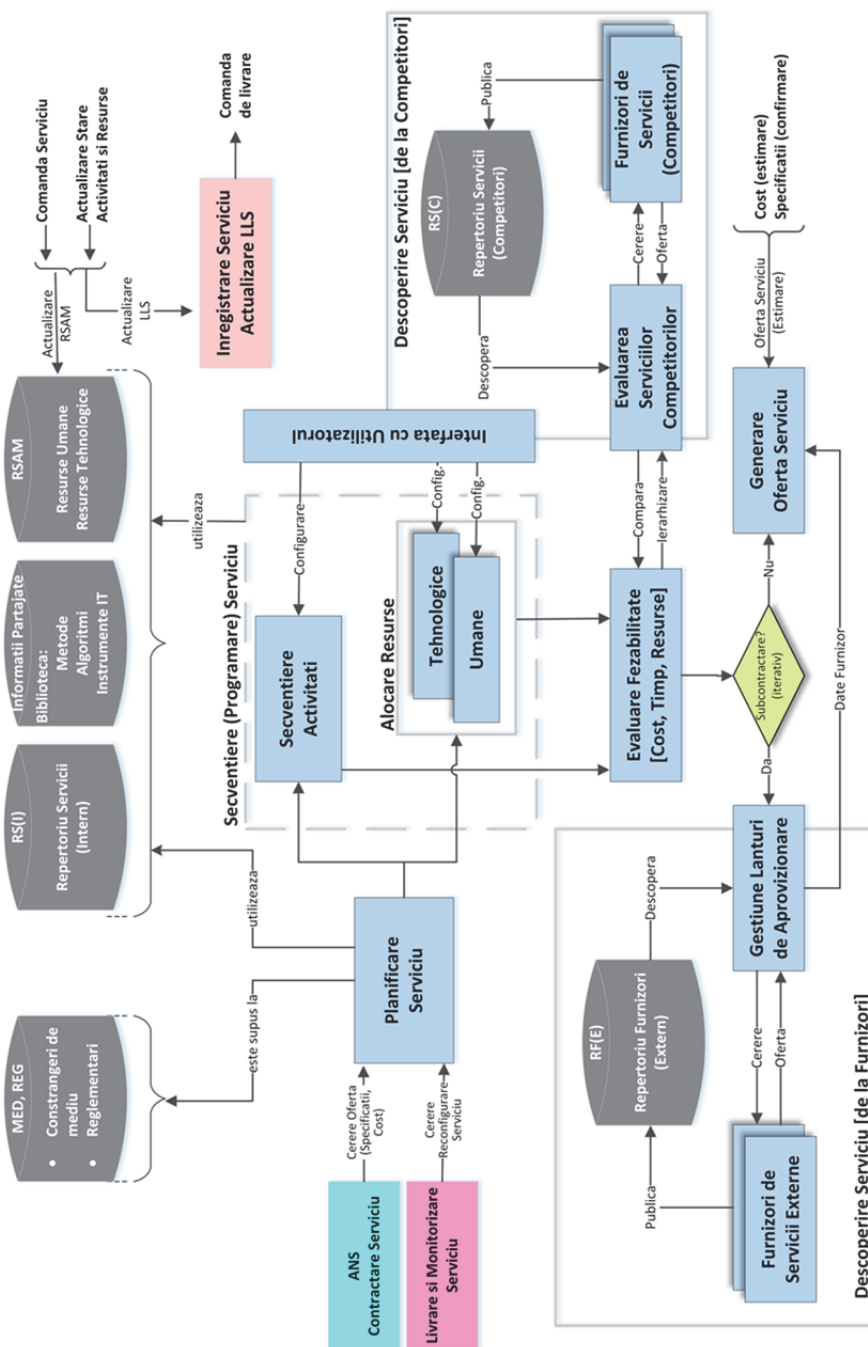


Fig. 2. Componenta **Organizare și Configurare Serviciu (OCS)** a Sistemului pentru Servicii, utilizată pentru proiectarea, dezvoltarea și reconfigurarea serviciului în cadrul etapei de Management al Serviciului

Figura 1 prezintă cele trei perspective definite mai sus, în raport cu care va fi interpretat modelul de activități al unui sistem generic pentru servicii (SServ):

- activități de bază (nucleu) ale serviciului;
- etape ale ciclului de viață al serviciului;
- componente ale modelului de activități din cadrul sistemului pentru servicii.

În analiza ciclului de viață al serviciului, Managementul Serviciului este corespondentul activității de bază Proiectare și Dezvoltare Serviciu și este realizat cu ajutorul activităților agregate din cadrul modulului Organizare și Configurare Serviciu (OCS). Această componentă a modelului de activități al sistemului generic pentru servicii propus este reprezentată în figura 2. Componenta OCS a activităților agregate este activată de una dintre următoarele etape:

(1) *Când este cerută o ofertă de serviciu (OS)* pentru a ajunge la un acord la nivel de serviciu, ANS: în această situație, în funcție de disponibilitatea (parțială) a serviciului (compozit), de cerințele personalizate și de constrângerile de mediu, serviciul cerut este planificat, activitățile sale sunt secvențiate și programate și fiecărei activități îi sunt alocate resursele necesare (tehnologice și / sau umane). Fezabilitatea specificațiilor serviciului și stabilirea costului care rezultă sunt evaluate comparativ cu specificațiile și costul oferite de către competitori și în consecință se ia eventual o decizie de externalizare și / sau închiriere a unor servicii, respectiv resurse. În final este estimată oferta de serviciu (E-OS) care este trimisă atât către componenta ANS și Contractare Serviciu, cât și către componenta Taxare și Facturare Serviciu pentru o (eventuală) negociere cu clientul. Dacă în timpul acestui proces de negociere clientul modifică specificațiile serviciului, va avea loc o nouă rulare a modulului OCS pentru a emite o nouă E-OS ca răspuns la preferințele modificate ale clientului.

(2) *Dacă în timpul livrării serviciului este primită o cerere de reconfigurare serviciu (CRS):* în această situație, în funcție de defecțiunea resursei (tehnologice) sau de indisponibilitatea resursei (umane) sau în funcție de contextul execuției, are loc o replanificare sau o reconfigurare a serviciului în așa fel încât în funcție de stadiul său de realizare să se respecte calitatea serviciului și timpul de realizare asumat inițial. Dacă, din diferite motive, execuția inițial planificată în OCS a serviciului se dovedește imposibil de realizat în contextul real existent, se reactualizează bazele de date VSC și VSPVC pentru a permite acceptarea cererii de rambursare depusă de client și revizuirea taxării serviciului ce fusese contractat.

(3) *Când se primește fie: (a) o comandă de serviciu nou (CS),* ca urmare a acceptării propunerii de valoare (specificații și propunere de cost al serviciului) de către client, a definirii ANS, a clarificării valorii de

taxare, a înregistrării contractului de servicii și a emiterii facturii; fie (b) *o cerere de (re)configurare a serviciului (CRS)* și este realizată o nouă schemă de serviciu fezabil: în aceste situații serviciul comandat sau reconfigurat este înregistrat și se creează o Listă de Livrare Serviciu (LLS) în care se specifică toate activitățile serviciului (compozit) și perioadele de execuție a acestora. De asemenea, este actualizat gradul de ocupare a resurselor (umane, tehnologice) în baza de date RSAM (Managementul Accesului la Serviciile Resurselor).

2. MANAGEMENTUL UNUI SERVICIU DE TRANSPORT PUBLIC. CRITERII DE ORGANIZARE ȘI CONFIGURARE A SERVICIULUI

2.1. Modele de programare matematică pentru planificarea personalului în servicii de transport public

Problema planificării resursei umane pentru servicii de transport public (șoferi) este NP-hard, fiind o problemă de optimizare combinatorie. Abordările de tip optimizare nu sunt incluse în bibliotecă OCS, din cauza dimensiunii foarte mari a problemei de planificare de personal. Este vizat un compromis între calitatea soluțiilor și timpul de calcul, ceea ce determină considerarea procedurilor euristice care pot produce în mod eficient soluții bune cât mai apropiate de acelea obținute manual în timp real.

Efortul de calcul important al tehnicilor de programare matematică, cât și lipsa de generalitate a metodelor euristice a determinat includerea în bibliotecă IPAR a unui algoritm care combină modele de optimizare cu proceduri euristice (Wren, 1995). Biblioteca IPAR mai conține și metode de programare liniară cu numere întregi (*Integer Linear Programming – ILP*), (Jensen, 2004). Problema planificării șoferilor de mijloace de transport în comun este rezolvabilă generând mai întâi un număr mare de ture zilnice (*feasible duties*), și aplicând apoi o tehnică de programare matematică care acoperă toate cursele autobuzelor pe ruta considerată, cu cost minim. Chiar și pentru probleme de dimensiune mică, numărul total de ture este prea mare, fiind necesară reducerea lui.

Tehnică utilizată a constat în eliminarea unor ture potențiale caracterizate prin: pauze lungi, pauze la ore nepotrivite ale zilei sau cu foarte puține activități înainte sau după o pauză de masă. Similar, se pot utiliza sisteme bazate pe proceduri euristice care

selectează ture de interes potențial și elimina ture mai puțin eficiente.

Unul dintre algoritmi incluși examinează toate PoW (sarcini de șofat – *piece of work*) posibile pentru a determina dacă două PoW consecutive pot fi combinate. Din moment ce fiecare PoW trebuie să înceapă, să se termine, sau să aibă o pauză într-un punct de schimbare de autobuz, reducerea numărului de astfel de puncte de schimbare va conduce la un număr mai mic de ture zilnice (*feasible duties*) potențiale. Este însă necesară generarea unui număr suficient de mare de ture zilnice de interes potențial. Calitatea soluției finale va depinde de numărul și de calitatea turelor zilnice generate; generarea este realizată într-un mod controlat printr-o procedura euristică specifică.

Problema de planificare a forței de muncă (șoferi) este formulată astfel: $\min \sum_{j \in P} c_j x_j$, în prezența restricțiilor

$$\sum_{j \in P} a_{ij} x_j \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (R1)$$

$$\sum_{j \in P} b_{ij} x_j \geq u_j, \quad \forall i \in I \quad (R2)$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in P \quad (R3)$$

unde: $I = \{i; \text{PoW}\}$

$P = \{j; \text{tura zilnică candidată}\}$

$c_j = \text{costul turei } j$

$x_j = \begin{cases} 1, & \text{dacă tura } j \text{ este în soluție} \\ 0, & \text{în caz contrar} \end{cases}$

$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{dacă PoW } i \text{ aparține turei } j \\ 0, & \text{în caz contrar} \end{cases}$

$b_{ij}, u_j = \text{valori reale care reprezintă proprietăți operaționale ale soluției.}$

Fiecare rând al matricii A (de componente a_{ij}) corespunde unui PoW și fiecare coloană (sau variabilă) corespunde unei ture zilnice definite de PoW-urile definite de elementele non-zero. Se spune că linia i este acoperită de coloana j dacă $a_{ij} = 1$. Restricțiile (R1) impun că fiecare PoW să facă parte din cel puțin o tură din soluție.

Restricția (R2) forțează satisfacerea unor proprietăți operaționale ale soluției (de exemplu procentaj al tipurilor de sarcini, număr al sarcinilor sau timp de lucru maxim). Aceste restricții fac problema foarte dificil de rezolvat din cauza că nu se poate exploata avantajul structurii de tip „acoperire de set” a modelului, asociată cu restricțiile (R1). Includerea restricțiilor (R2) în funcția obiectiv, cu coeficienți de penalizare corespunzători, permite rezolvarea acestei probleme.

2.2. Modele de tip acoperire de seturi și partitionare de seturi

În implementarea practică, formularea anterioară este simplificată și restricțiile (R2) sunt îndepărtate. Formularea rezultantă este aceea a unei probleme de tip acoperire de set. Pentru acest model, un vector binar $[x_j]$ care îndeplinește restricțiile (R1) definește o acoperire. Este permisă existența de supraacoperiri de către restricții de tip inegalitate „ \geq ”, ceea ce înseamnă că mai mult decât o singură sarcină acoperă aceeași PoW.

Modelul de tip partiționare de seturi este un caz special în care restricțiile (R1) sunt de tip egalitate. Practic, acest tip de model impune prezența unui singur șofer în fiecare auto-vehicul la orice moment de timp. Dificultatea majoră cu acest model particular constă în aceea că, dacă este disponibil un număr limitat de ture generale, nu poate fi garantată existența unei soluții fezabile. De aceea, în practică se începe cu aplicarea modelului de tip acoperire de seturi chiar dacă numărul de supraacoperiri în soluția finală poate fi adesea foarte mare.

Tehnicile implicate în rezolvarea acestor două probleme sunt foarte asemănătoare. Uneori este posibilă reducerea dimensiunii problemei aplicând reguli de dominanță. Deasemenea, se pot folosi valorile euristicii de tip *greedy* pentru obținerea de soluții inițiale bune; valorile acestor soluții inițiale fezabile vor fi mărginite superior pentru valoarea soluției optimale. Apoi se utilizează o relaxare liniară pentru a calcula o margine inferioară pentru soluția optimală. Ecartul dintre marginile inferioară și superioară poate fi redus prin aplicarea euristicii *greedy* primale și duale, iar îmbunătățirea marginilor inferioare poate fi făcută și prin relaxare cu Lagrangean.

În cadrul bibliotecii OCS de algoritmi de planificare a fost inclusă și o metodă de relaxare a modelelor de tip partiționare de seturi în care sunt permise PoW neacoperite (denumite și omisiuni sau *leftovers*), adică acele PoW care nu sunt asociate cu sau nu sunt acoperite de nici o tură fezabilă. Omisiunile sunt în mod evident nedorite, deoarece ele corespund unor curse fără șoferi asigurați, și de aceea ele trebuie să fie penalizate în funcția obiectiv. În practică, omisiunile vor fi asigurate unor echipaje utilizând timpi de lucru suplimentari, sau grupându-le împreună cu omisiuni de la alte curse, uneori ignorând restricțiile.

Modelul relaxat de tip partiționare de seturi a fost definit după cum urmează:

$$\min \sum_{j \in P} c_j x_j + \sum z_i y_i, \text{ în prezența restricțiilor}$$

$$\sum_{j \in P} a_{ij} x_j + y_i = 1, \quad \forall i \in I \quad x_j \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in P,$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in I, \text{ unde: } I = \{i; \text{PoW}\}$$

$$P = \{j; \text{tura zilnică candidată}\}$$

$$c_j = \text{costul turei } j$$

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{dacă tura } j \text{ este în soluție} \\ 0, & \text{în caz contrar} \end{cases}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{dacă PoW } i \text{ aparține turei } j \\ 0, & \text{în caz contrar} \end{cases}$$

Acest model poate fi considerat ca o generalizare a problemei de împachetare de seturi (având $z_i = 0$ și o transformare corespunzătoare a vectorului de costuri $c'_j = -c_j$ (Mitra, 1985).

3. PLANIFICAREA ȘI ALOCAREA RESURSELOR PENTRU UN SERVICIU DE TRANSPORT PUBLIC

Această secțiune prezintă un Studiu de Caz în domeniul serviciilor de transport public, pentru care este detaliat modul de organizare și configurare a serviciului, în cadrul segmentului de Management al Serviciilor (MS) conform modelului de Sistem pentru Servicii (SServ) care a fost dezvoltat în (Voinescu, 2013) și prezentat în capitolul 1. Sunt definite și soluționate problemele:

- planificare a serviciului la nivelul fiecărei ore a unei zile și la nivelul fiecărei zile a săptămânii;
- secvențiere a activităților care compun serviciul de transport (conducerea autobuzelor pe traseu, întreținere periodică, mentenanță preventivă, ș.a.);
- alocare a resurselor umane, materiale și financiare (șoferi respectiv autobuze, combustibil și componente pentru întreținere) pentru îndeplinirea cerințelor de calitate impuse serviciului, cu dimensionarea optimă a costurilor furnizorului (pentru salarii, baza materială, depou, piese de schimb, materiale consumabile, licențe și autorizații).

3.1. Formularea cerințelor pentru serviciul de transport public

Se consideră un serviciu de transport public care utilizează autobuze, și care trebuie asigurat pentru o zonă a orașului pe baza datelor referitoare la: lungimea cursei (distanța între cele două capete ale traseului de circulație al autobuzelor); numărul de opriri (stații) pe traseu; timpul mediu de oprire în stație; configurația traseului din punctul de vedere al intensității traficului general și al numărului de intersecții semaforizate; frecvența de sosire în stații a autobuzelor în diverse intervale orare pe durata celor 7 zile ale săptămânii

considerând vârfuri de capacitate ce trebuie asigurate în perioadele de deplasare către / de la serviciu sau determinate de activități cu caracter social.

Beneficiarul serviciului de transport este municipalitatea orașului, iar furnizorul serviciului este o companie de transport. Pentru acest serviciu de transport au fost formulate cerințele:

- lungimea totală a traseului: 12 km;
- numărul de stații (opriri) pe traseu: 15;
- timpul mediu de staționare a autobuzelor în stații: 1,2 min;
- numărul de intersecții semaforizate pe traseu: 22;
- timpul mediu de oprire la intersecțiile semaforizate este de 30 s;
- viteză limită superioară de circulație a autobuzelor pe traseu: 50 km/h;
- vârfuri de cerere de transport al călătorilor:
 - luni - vineri (în zilele lucrătoare): între 6:00 h - 10:00 h și 14:00 h - 18:00 h;
 - sâmbătă: între 18:00 h - 22:00 h;
 - duminică: între 18:00 h - 22:00 h;
- frecvența de sosire în stații a autobuzelor în intervalele orare ale zilelor săptămânii este redată în tabelul 1.

Tabelul 1. Necesarul de autobuze pentru intervalele impuse de sosire în stații

Ziua săptămânii	Intervalul orar	Intervalul de timp între sosiri consecutive	Necesar de autobuze
Luni - vineri	22:00 h - 6:00 h	12 min.	5
	10:00 h - 14:00 h și	6 min.	10
	18:00 h - 22:00 h	4 min.	15
	6:00 h - 10:00 h și		
	14:00 h - 18:00 h		
Sâmbătă	22:00 h - 6:00 h	12 min.	5
	6:00 h - 18:00 h	6 min.	10
	18:00 h - 22:00 h	4 min.	15
Duminică	22:00 h - 18:00 h	12 min.	5
	18:00 h - 22:00 h	6 min.	10

Se consideră că furnizorul de servicii de transport (compania de transport) are capacitatea de a planifica și de a livra acest serviciu de transport, pentru care asigură următoarele capacități:

- autobuze;
- depou și atelier de mentenanță;
- utilaje, scule și materiale consumabile pentru întreținere periodică și mentenanță;
- autorizație pentru realizarea serviciului de transport în comun, inspecții tehnice periodice ale autobuzelor;
- atestarea medicală periodică a șoferilor angajați pentru serviciul de transport, pe care trebuie să le dimensioneze, să le organizeze și să le configureze corespunzător și apoi să le realizeze 24 de ore pe zi, 7 zile din 7.

3.2. Planificarea serviciului de transport

Pentru planificarea serviciului de transport se calculează mai întâi, ca dată globală, durata de acoperire a traseului impus de către un autobuz, plecând de la caracteristicile traseului, timpul de staționare a autobuzelor în stații, limita de viteză impusă și caracteristicile tehnice ale autobuzelor (acelerație, timpi de frânare).

Astfel, timpul total de staționare a unui autobuz în stațiile de pe traseu este:

$$t_{ss} = 15 \cdot 1.2 \text{ min} = 18 \text{ min}$$

iar timpul total de staționare a unui autobuz la intersecțiile semaforizate de pe traseu, presupunând cazul cel mai defavorabil în care acesta trebuie să oprească 30 sec. la toate intersecțiile este:

$$t_{si} = 22 \cdot 30 \text{ s} = 660 \text{ s} = 11 \text{ min}$$

Rezultă timpul total de staționare pe traseu a unui autobuz:

$$t_s = t_{ss} + t_{si} = 29 \text{ min}$$

pe care îl mărim la 30 min, pentru asigurarea unei rezerve suplimentare.

Considerând ca viteza medie de circulație a unui autobuz (fără considerarea opririlor pe durata de 30 min, ci doar a accelerărilor / frânărilor și a altor opriri determinate de condițiile de trafic) este de 24 km/h, și notând cu T timpul total necesar parcurgerii, în aceste condiții de trafic a întregului traseu de 12 km, rezultă T [min] din relația de calcul:

$$T[\text{min}] - 30 = \frac{12 \text{ km} \cdot 60 \text{ min}}{24 \text{ km}} = 30 \text{ min}$$

ceea ce conduce la o durată de timp $T = 60$ min pentru parcurgerea întregului traseu. Estimarea acestei durate a fost validată experimental, simulând în totalitate realizarea traseului în diferite intervale orare ale zilelor săptămânii.

Acum, ținând cont de intervalele de sosire cele mai reduse – 4 min, impuse în perioadele de vârf de cerere de transport de călători, rezultă necesitatea unui parc auto de minim 15 autobuze pentru a satisface cerințele de frecvența de sosire în stații în intervalele orare cu vârf de cerere de transport.

Pentru satisfacerea cerințelor de siguranță a transportului de călători ce impun întrețineri periodice, mentenanță și inspecții tehnice periodice a autobuzelor, parcul auto este suplimentat cu un număr de 5 autobuze, ajungând astfel la 20 de unități.

Tabelul 1 prezintă cerințe de intervale de sosire a autobuzelor în diferite intervale orare ale zilelor

săptămânii și planificarea serviciului de transport în termeni de necesar de autobuze pentru acoperirea tuturor intervalor orare conform cerințelor impuse.

Secvențierea activităților serviciului de transport. Secvențierea activităților de bază pentru asigurarea serviciului de transport public al călătorilor se referă pe de o parte la cele care implică resursa materială de bază – parcul de autobuze (PA), și pe de altă parte la resursa umană care utilizează resursa materială de bază – personalul angajat ca șoferi de autobuze (SA).

Astfel, secvențierea activităților constă în:

1) definirea tipurilor de sarcini sau îndatoriri (*duties*) care trebuie realizate de / pentru PA, respectiv care revin PA (prin crearea de seturi PoW că alipiri de sarcini succesive, fără pauze);

2) dimensionarea acestor sarcini: număr / (unitate PA respectiv persoană SA), regim de exploatare pentru PA, regim de muncă pentru SA, durata;

3) definirea turelor zilnice (*feasible duties*) prin concatenarea de sarcini definite la punctul 1 și dimensionate la punctul 2;

4) definirea programului săptămânal de exploatare a PA respectiv a programului săptămânal de muncă a SA, cu considerarea zilelor de odihnă;

5) definirea programului lunar de exploatare a PA respectiv a programului lunar de muncă a SA, cu considerarea cerințelor de exploatare uniformă a componentelor PA respectiv a principiului echității în acordarea zilelor libere.

Pentru realizarea secvențierii activităților de bază ale serviciului de transport conform etapelor 1-5, furnizorul de servicii de transport va trebui să aloce atât capacitățile de care dispune (în PA), cât și șoferii (în SA), în așa fel încât să satisfacă cererea pentru transportul public, ținând cont de următoarele trei regimuri de lucru:

- regim normal de circulație în timpul zilei;
- regim de circulație noaptea;
- regim de vârf de cerere de transport al călătorilor.

În acest context, se definesc două **roluri** pentru șoferi:

- *categoria A*: un șofer conduce un autobuz pe timp de zi;
- *categoria B*: un șofer conduce un autobuz pe timp de noapte, și două tipuri de **sarcini**: (1) conducerea autobuzului; (2) verificarea și întreținerea în depou a autobuzului, ca două tipuri de PoW.

Pentru PoW de tip „conducere autobuz“ se definesc două durate:

- PoW de 8 ore, fezabil în regimul normal de circulație în timpul zilei și în regimul de circulație de noapte;
- PoW de 4 ore, fezabil doar în regim de vârf de cerere de transport; acest tip de sarcina de șofat este continuat întotdeauna de un PoW de 4 ore de tip „verificare și întreținere autobuze“.

PoW de tip „verificare și întreținere autobuze“ are întotdeauna durata de 4 ore.

O tură zilnică a unui angajat din SA este de 8 ore; ea poate fi compusă fie dintr-un PoW de 8 ore de tip „conducere autobuz“, fie dintr-un set de 2 PoW succesive (fără pauză): un PoW „conducere autobuz“ de 4 ore urmat de un PoW „verificare și întreținere autobuze“ de 4 ore. Sunt definite zilnic 3 ture de câte 8 ore:

- A1: tură 1 de zi, categoria A, intervalul orar 6:00 h-14:00 h;
- A2: tură 2 de zi, categoria A, intervalul orar 14:00 h-22:00 h;
- B: tură de noapte, categoria B, intervalul orar 22:00 h - 6:00 h.

În raport cu secvențierea turelor se impune restricția ca, după efectuarea unei ture B, un șofer să nu intre imediat în tură A1 a zilei următoare.

În ceea ce privește secvențierea activităților ce implică componentele PA, se impune utilizarea uniformă a autobuzelor la nivelul fiecărei luni, ceea ce implică utilizarea în fiecare săptămână în PoW tip „circulație pe traseu“ a altor 15 autobuze din cele 20 ale PA (în fiecare săptămână a unei luni alte 5 autobuze nu sunt puse în circulație).

Deasemenea, se impune ca pentru fiecare dintre autobuzele care sunt puse în circulație pe traseu într-o săptămână să fie realizat de 3 ori PoW de tip „verificare și întreținere“ în zilele luni – vineri (sâmbătă și duminică nu se efectuează astfel de activități).

Alocarea resursei umane pentru acoperirea necesarului de autobuze. Alocarea șoferilor pentru acoperirea cerințelor de transport reflectate în necesarul de autobuze pe intervale orare, conform tabelului 1, presupune parcurgerea următoarelor etape:

1) determinarea numărului de șoferi ce trebuie alocați la fiecare oră de început de tură zilnică (*feasible duty*) pentru a acoperi cererea de transport corespunzătoare intervalului orar asociat (*Daily Workshift Scheduling*);

2) planificarea turelor săptămânale cu două zile libere consecutive ale tuturor șoferilor (*Weekly Workshift Scheduling*);

3) determinarea necesarului de șoferi care va constitui personalul angajat (SA);

4) determinarea costurilor de personal la nivel săptămânal și lunar pentru personalul angajat cu considerarea rolurilor atribuite șoferilor pe categorii de PoW de tip „conducere autobuz“;

5) planificarea orară, zilnică, săptămânală și lunară a autobuzelor din PA scoase pe traseu pentru satisfacerea cerințelor de transport;

6) asignarea la nivel de tură zilnică și săptămânală a șoferilor pe autobuzele planificate în etapa 5;

7) planificarea orară, zilnică, săptămânală și lunară a autobuzelor din PA supuse operațiilor de verificare și întreținere în depou.

Pentru determinarea numărului de șoferi ce trebuie alocați la fiecare oră de început de tură zilnică, se consideră orele de început de sarcini (componente ale PoW de tip „conducere autobuz“ și „verificare și întreținere autobuz“): 22, 2, 6, 10, 14, 18.

Vor fi tratate în mod diferențiat, conform cerințelor de capacitate de transport stabilite în tabelul 2, zilele de: (1) luni – vineri; (2) sâmbătă; (3) duminică. Pentru fiecare din aceste 3 categorii de zile, problema de alocare a numărului de șoferi pe orele turei zilnice este formulată ca un model de programare liniară cu numere întregi (ILP).

Tabelul 2. Soluția optimă de alocare șoferi pe ture zilnice (luni-vineri)

$x(22)$	$x(2)$	$x(6)$	$x(10)$	$x(14)$	$x(18)$
5	0	10	0	15	0
Tura B		Tura A1		Tura A2	

3.3. Planificarea turelor zilnice de șoferi în zilele luni – vineri

Necesarul de autobuze pe perioada de 24 de ore în aceste zile este reprezentat în figura 3.

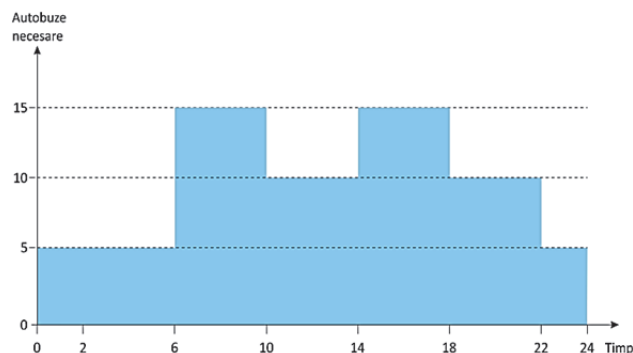


Fig. 3. Necesarul de autobuze pentru serviciul de transport public (luni-vineri).

Se definesc variabilele:

$$x(t) = \text{număr de șoferi alocați la timpul } t, t = \{22, 2, 6, 10, 14, 18\}$$

$$b(t) = \text{număr de șoferi necesari la timpul } t, t = \{22, 2, 6, 10, 14, 18\}$$

Se introduc restricții care să asigure că șoferii alocați la timpii care acoperă cerințele unui interval orar particular asigură prin însumare numărul necesar. De exemplu, pentru intervalul de la ora 2 la ora 6, numărul de șoferi care încep la ora 22 a zilei anterioare plus numărul celor care încep la ora 2

trebuie să acopere cerințele de personal în intervalul orar 2 – 6. Restricțiile se pot scrie ca:

$$x(t_{i-1}) + x(t_i) \geq b(t_i), \quad t_i \in \{22, 2, 6, 10, 14, 18\}$$

Rezultă setul de restricții:

- $x(22) + x(2) \geq 5$
- $x(2) + x(6) \geq 15$
- $x(6) + x(10) \geq 10$
- $x(10) + x(14) \geq 15$
- $x(14) + x(18) \geq 10$
- $x(18) + x(22) \geq 5$

Obiectivul este minimizarea sumei:

$$\min S = x(2) + x(6) + x(10) + x(14) + x(18) + x(22)$$

Se obține $S \geq 30$. Soluția obținută prin algoritmul de programare liniară cu numere întregi (ILP), indicată în tabelul 2, alocă numărul minim de 35 de șoferi conform valorilor obținute pentru variabilele $x(t_i)$, $t_i \in \{22, 2, 6, 10, 14, 18\}$ pentru a satisface planificarea autobuzelor pe intervalele orare ale unei zile (luni-vineri):

Din moment ce funcția obiectiv nu admite variația coeficienților săi, o analiză a sensibilității nu are semnificație în acest context. O analiză a restricțiilor identifică două perioade, 10 și 18 cu exces de șoferi. Până la 5 unități suplimentare de cerere de autobuze pot fi tratate în aceste perioade.

Pentru această problemă de planificare a turelor zilnice de șoferi (în zilele de luni – vineri) a fost elaborat și un model mai general, scris în formă matricială, în care sunt definite variabile reprezentând **modele de lucru** – PAToW (*patterns of work*).

Un PAToW alocă șoferi din cadrul personalului angajat SA, pentru una sau mai multe perioade de timp în care aceștia realizează una sau mai multe PoW, care pot fi sau nu adiacente. Perioadele PAToW pot fi identificate ca intervale orare în cadrul unei zile, însumând deci un număr de ore care nu sunt neapărat adiacente.

Modelul de alocare a șoferilor în ture zilnice, constituite ca PAToW, este formulat în mod concis în format matricial, astfel:

• **Parametri:**

t : numărul perioadelor de timp;

n : numărul de modele de lucru PAToW pentru personalul angajat;

\mathbf{r} : matrice coloană al cerințelor de forță de muncă – șoferi (r_i);

\mathbf{c} : matrice linie a modelelor de cost (c_i), unde:

$$c_i = \begin{cases} 1 \text{ unitate de cost, PAToW este de categorie A1} \\ \text{sau A2 (tura de zi)} \\ 1,5 \text{ unități de cost, PAToW este de categorie B} \\ \text{(tura de noapte)} \end{cases}$$

\mathbf{A} : matrice cu t linii și n coloane care conține modelele de lucru PAToW, cu

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ dacă modelul } j \text{ acoperă perioada } i \\ 0, \text{ dacă modelul } j \text{ nu acoperă perioada } i \end{cases}$$

• **Variabile.** \mathbf{x} : matrice coloană care conține numărul de șoferi în fiecare model de lucru (x_i)

• **Model.** Minimiza costul $\mathbf{z} = \mathbf{c} \cdot \mathbf{x}$, cu restricțiile:

- cerere de capacitate de transport $\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} \geq \mathbf{r}$;
- mărginire: $\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$.

Pentru exemplul de alocare de șoferi / ture zilnice ce a fost considerat în acest studiu au fost atribuite valori numerice matricilor:

$$t = 6, n = 6 \quad \mathbf{c} = [1,5 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1,5]$$

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} 5 \\ 15 \\ 10 \\ 15 \\ 10 \\ 5 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Deși a fost introdus acest model în secțiunea de metode de planificare a bibliotecii OCS care utilizează programarea liniară cu numere întregi, s-a preferat plasarea cerinței de integralitate asupra variabilelor \mathbf{x} , adică constituirea turelor zilnice din sarcini adiacente PoW și nu dintr-un număr de PAToW – deși este mai dificil de rezolvat o problema liniară cu includerea de restricții de integralitate. Planificarea turelor zilnice de șoferi în zilele de sâmbătă se calculează similar.

3.4. Planificarea turelor săptămânale și calculul personalului angajat necesar (SA)

Turele săptămânale (*weekly workshift*) ale fiecărui șofer sunt definite ca 5 zile consecutive de lucru urmate de 2 zile libere, dar nu în mod necesar sâmbătă și duminică. Problema este formulată ca un model de programare liniară cu numere întregi, care utilizează cifrele de personal necesar în fiecare din zilele unei săptămâni: (a) luni–vineri; (b) sâmbătă; (c) duminică, respectiv 35; 30; 20. Problema de planificare a turelor săptămânale constă în determinarea numărului minim de personal necesar să fie alocat pentru fiecare din cele 7 ture săptămânale posibile. Fiecare tură săptămânală constă din 5 zile de lucru și 2 zile consecutive libere; fiecare tură va începe într-o zi

diferită a săptămânii și va dura 5 zile de lucru consecutive. Formularea generală a acestei probleme de alocare de personal ca model ILP (*Integer Linear Programming*) din biblioteca OCS este următoarea:

Definirea variabilelor:

- x_i = număr de șoferi alocați turei i , unde ziua i începe cu 2 zile libere consecutive (de exemplu șoferii asignați turei 1 au liber duminică și luni)

- b_j = cifra de personal necesar pentru ziua j

- *Funcția obiectiv:* $\min \sum_{i=1}^7 x_i, x_i \geq 0$ și întreg

Restricții:

- Duminică $x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \geq b_1 = 20$
- Luni $x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq b_2 = 35$
- Marți $x_1 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq b_3 = 35$
- Miercuri $x_1 + x_2 + x_5 + x_6 + x_7 \geq b_4 = 35$
- Joi $x_1 + x_2 + x_3 + x_6 + x_7 \geq b_5 = 35$
- Vineri $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_7 \geq b_6 = 35$
- Sâmbătă $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq b_7 = 30$

care conduce la soluția $\sum x_i \geq 45$

Soluția obținută prin algoritmul de programare liniară cu numere întregi (ILP), indicată în tabelul 3, utilizează numărul minim de 45 de șoferi, alocați conform valorilor obținute pentru variabilele cu respectarea restricțiilor de tură săptămânală formulate.

Tabelul 3. Soluția optimă de alocare șoferi pe ture săptămânale

Ziua	Lu	Ma	Mi	Jo	Vi	Sa	Du
Șoferi	15	10	0	10	0	10	0

De aici rezultă necesarul de personal angajat (șoferi), care satisface cerințele de necesar zilnic de personal, cu respectarea cerințelor orare de transport pentru zilele de lucru (luni-vineri) ale săptămânii și zilele de sfârșit de săptămâna (sâmbătă, duminică). În figura 4 este prezentată planificarea celor 45 de șoferi pe turele zilnice ale unei săptămâni.

Odată realizată planificarea șoferilor în turele zilnice ale săptămânii, pot fi calculate costurile săptămânale pentru personalul angajat cu considerarea rolurilor atribuite șoferilor pe categorii de PoW de tip „conducere autobuz“ A (A1 și A2) – conducere în timpul zilei și B – conducere noaptea (vezi fig. 4). În acest calcul, au fost considerate costuri de personal duble pentru categoria B în raport cu cele două categorii A1 și A2.

Șofer	x1[Lu]	x2[Ma]	x3[Mi]	x4[Jo]	x5[Vi]	x6[Sa]	x7[Du]
S1	B	A2	A1	A1	A1	x	x
S2	B	A2	A1	A1	A1	x	x
S3	B	A2	A1	A1	A1	x	x
S4	B	A2	A1	A1	A1	x	x
S5	B	A2	A1	A1	A1	x	x
S6	A2	B	A2	A1	A1	x	x
S7	A2	B	A2	A1	A1	x	x
S8	A2	B	A2	A1	A1	x	x
S9	A2	B	A2	A1	A1	x	x
S10	A2	B	A2	A1	A1	x	x
S11	A2	A2	B	A2	A1	x	x
S12	A2	A2	B	A2	A1	x	x
S13	A2	A2	B	A2	A1	x	x
S14	A2	A2	B	A2	A1	x	x
S15	A2	A2	B	A2	A1	x	x
S16	x	A2	A2	B	A2	A1	x
S17	x	A2	A2	B	A2	A1	x
S18	x	A2	A2	B	A2	A1	x
S19	x	A2	A2	B	A2	A1	x
S20	x	A2	A2	B	A2	A1	x
S21	x	A1	A2	A2	B	A2	x
S22	x	A1	A2	A2	B	A2	x
S23	x	A1	A2	A2	B	A2	x
S24	x	A1	A2	A2	B	A2	x
S25	x	A1	A2	A2	B	A2	x
S26	A2	x	x	A2	A2	B	A2
S27	A2	x	x	A2	A2	B	A2
S28	A2	x	x	A2	A2	B	A2
S29	A2	x	x	A2	A2	B	A2
S30	A2	x	x	A2	A2	B	A2
S31	A1	x	x	A1	A2	A2	B
S32	A1	x	x	A1	A2	A2	B
S33	A1	x	x	A1	A2	A2	B
S34	A1	x	x	A1	A2	A2	B
S35	A1	x	x	A1	A2	A2	B
S36	A1	A1	A1	x	x	A2	A2
S37	A1	A1	A1	x	x	A2	A2
S38	A1	A1	A1	x	x	A2	A2
S39	A1	A1	A1	x	x	A2	A2
S40	A1	A1	A1	x	x	A2	A2
S41	A1	A1	A1	x	x	A1	A1
S42	A1	A1	A1	x	x	A1	A1
S43	A1	A1	A1	x	x	A1	A1
S44	A1	A1	A1	x	x	A1	A1
S45	A1	A1	A1	x	x	A1	A1

A1 = Categoria A [6-14]

A2 = Categoria A [14-22]

B = Categoria B [22-6]

x = Liber

Fig. 4. Asignarea șoferilor în ture zilnice într-o săptămână.

3.5. Gestiunea mijloacelor de transport public

Cele 20 de autobuze ce compun parcul auto (PA) al firmei furnizoare de servicii de transport public vor fi gestionate astfel încât să se realizeze cerințele de calitate impuse acestui serviciu:

- utilizarea uniformă a componentelor întregului parc auto;
- asigurarea unei rezerve de mijloace de transport în cazul defectării celor aflate pe traseu sau

necesității suplimentării excepționale, pe anumite durate, a numărului celor care circulă.

Aceste două cerințe sunt realizate prin utilizarea în fiecare săptămână în PoW tip „circulație pe traseu“ a altor 15 autobuze din cele 20 ale PA (în fiecare săptămână a lunii câte 5 autobuze, diferite de la o săptămână la alta, nu sunt puse în circulație). Parcul auto a fost împărțit în 4 grupe, fiecare de câte 5 autobuze, notate M_j , $5i - 4 \leq j \leq 5i$, $G_i = \{M_j\}$, $1 \leq i \leq 4$ (fig. 5).

	TRASEU			NU CIRCULĂ
Săptămâna 1	G1	G2	G3	G4
Săptămâna 2	G2	G3	G4	G1
Săptămâna 3	G3	G4	G1	G2
Săptămâna 4	G4	G1	G2	G3

Fig. 5. Planificarea săptămânală pentru circulație pe traseu a grupelor de autobuze din PA [$G1=\{M1-M5\}$; $G2=\{M6-M10\}$; $G3=\{M11-M15\}$; $G4=\{M16-M20\}$].

Pentru fiecare autobuz care este puse în circulație pe traseu într-o săptămână se realizează de 3 ori PoW de tip „verificare și întreținere“ în zilele luni – vineri; tot vinerea se realizează și verificarea de întreținere a grupei de autobuze care nu circulă în acea săptămână, dar care va intra în circulație săptămâna următoare.

Astfel, în fiecare dintre zilele de luni-vineri ale unei săptămâni sunt realizate 2 PoW de verificare și întreținere a autobuzelor:

- verificare tehnica 1 (VT1) în intervalul orar 10:00 h-14:00 h, respectiv
- verificare tehnica 2 (VT2) în intervalul orar 18:00 h – 22:00 h (fig. 6).

	Săptămâna 1		Săptămâna 2		Săptămâna 3		Săptămâna 4	
	Verificare 1	Verificare 2	Verificare 1	Verificare 2	Verificare 1	Verificare 2	Verificare 1	Verificare 2
Luni	G1	G2	G2	G3	G3	G4	G4	G1
Marti	G3	G1	G4	G2	G1	G3	G2	G4
Miercuri	G2	G3	G3	G4	G4	G1	G1	G2
Joi	G1	G2	G2	G3	G3	G4	G4	G1
Vineri	G3	G4	G4	G1	G1	G2	G2	G3

Fig. 6. Planificarea săptămânală și lunară a operațiilor de verificare tehnică și de întreținere VT1 și VT2 a autobuzelor care compun parcul auto [$G1=\{M1-M5\}$; $G2=\{M6-M10\}$; $G3=\{M11-M15\}$; $G4=\{M16-M20\}$].

4. CONCLUZII

Lucrarea de față prezintă metodologia și o soluție pentru organizarea și configurarea (planificarea, secvențierea activităților și alocarea resurselor umane și tehnologice) unui serviciu de transport public.

Organizarea și configurarea serviciului de transport public presupune că furnizorul serviciului (compania de transport) poate utiliza metodologii specifice managementului de servicii cu ajutorul cărora să poată organiza atât resursa umană (șoferii de autobuz) cât și pe cea tehnologică – resursele mijloacelor de transport (autobuzele). Studiul de caz propus furnizează și rezultate experimentale relativ la problema complexă a modelării sistemului pentru servicii (SServ) și a transpunerii acestui model generic în sisteme informaționale destinate unor clase tipice de servicii (în acest caz servicii de transport public).

Este abordată macro-componenta de Management al Serviciului (MS) ca element de bază în ciclul de viață al unui serviciu; în cadrul acestei componente sunt preluate cerințele clientului formulate în cadrul componente de Management al Comezilor Clientului (MCC) și transferate componente de Organizare și Configurare a Serviciului (OCS) din cadrul MS prin intermediul cererii de ofertă. Scopul OCS este acela de a realiza în mod automat o dimensionare a capacităților de resurse umane și tehnologice care să acopere cererea, în condiții de respectare a calității și regimului de timp al serviciului solicitat.

În acest scop, se utilizează metodologia de creare a unui serviciu, care evidențiază trei etape majore de proiectare:

- (1) planificarea serviciului;
- (2) definirea și secvențierea activităților ce compun serviciul;
- (3) alocarea resurselor cu care va fi realizat serviciul.

Crearea serviciului permite, în afară de evaluarea posibilităților de realizare conform cerințelor impuse de client (data și ora de furnizare, condiții tehnice și de calitate), estimarea costurilor necesare realizării.

Aceste elemente vor fi confirmate clientului prin intermediul ofertei emise – ca rezultat direct al interpretării rezultatelor procesului OCS.

În cadrul studiului de caz prezentat, se fac referiri la metodele și algoritmi disponibili în biblioteca OCS care a fost creată pentru a permite calculul unei soluții optime din punctul de vedere al costurilor, cu respectarea restricțiilor impuse nu numai în specificația clientului, dar și de legislație, mediu, concurență.

Rezultatele experimentale obținute validează soluțiile de modelare și implementare software propuse pentru sistemul generic SServ, cu particularizarea

pentru clasa serviciilor de transport public. Orientarea către activități (sau operații) a sistemului pentru servicii permite iterări repetate ale secvenței OCS de procese de organizare și configurare, care implică clientul (prin negocieri), și prin care este co-creată valoare (Spohrer, 2010), (Spohrer, 2011).

În scopul asigurării unei interactivități adecvate cu clientul, în cadrul macro-componentei de Contractare a Serviciului și definirea acordului la nivel de serviciu (a contractului ANS) sunt asigurate clientului o serie de servicii web oferite în front-office pentru: specificarea cerințelor, vizualizarea și analiză a ofertei, negociere, taxare și facturare, cât și evaluare și comunicare de către client a percepției asupra calității serviciului livrat (Sampson, 2004).

Implementarea și validarea experimentală a modelului OCS ca o componentă de bază a managementului serviciului de transport public demonstrează conceptul de deschidere conform căruia a fost elaborat modelul de sistem pentru servicii SServ, transpus în arhitectura SOA (*Service Oriented Architecture*) (IBM, 2007), (Slack, 2010).

5. BIBLIOGRAFIE

- (Borangiu, 2013) Borangiu Th., Oltean, V. Ecaterina, Drăgoicea Monica, Cunha, J. F., Voinescu, Iulia, 2013, *Some Aspects Concerning a Generic Service Process Model Building*, IESS 1.4, 5th International Conference on Exploring Services Science.
- (Borangiu, 2014) Borangiu Th., Drăgoicea, Monica, Oltean, V. Ecaterina, Voinescu, Iulia, 2014, *A Generic Service System Activity Model with event-driven operation reconfiguring capability*, Series Studies in Computational Intelligence: Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing Control, Springer.
- (Mitra, 1985) Mitra, G., Darby-Dowman, K., 1985, *A computer-based bus crew scheduling system using integer-programming*, Computer Scheduling of Public Transport, 35(5), p. 223–232.
- (Fitzsimmons, 2011) Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M.J., 2011, *Service Management. Operations, Strategy, Information Technology*, 7th Edition McGraw Hill, 2011.
- (Galvão Dias, 2001) Galvão Dias, Teresa, Vasconcelos Ferreira, J., Cunha, J. F., 2001, *Evaluating a DSS for operational planning in public transport systems: Ten years of experience with the GIST System*, Computer-Aided Scheduling of Public Transport, Springer Berlin Heidelberg, p. 167-179.
- (Galvão Dias, 2002) Galvão Dias, Teresa, Pinho de Sousa, J., Cunha, J. F., 2002, *Genetic algorithms for the bus driver scheduling problem: a case study*, Journal of the Operational Research Society, p. 324-335.
- (Garschhammer, 2001) Garschhammer, M., Hauck, R., Kempter, B., Radisic, I., Roelle, H., Schmidt, H., 2001, *The MNM Service Model - Refined Views on Generic Service Management*, Journal of Communications and Networks, 3(4), p. 297-306.
- (ibm, 2007) IBM Academic Initiative, 2007, *Introduction to Service Science, Management and Engineering (SSME)*, Copyright IBM Corporation 2007, Version 1.0.
- (Jensen, 2004) Jensen, P.A., 2004, *Operations Research Models and Methods*, Internet, <http://www.me.utexas.edu/jensen/ORMM/model/unit/linear/subunit/>.
- (Mora, 2003) Mora M., Gelman O., Cervantes F., et al., 2003, *A systemic approach for the formalization of the information system concept: why information systems are systems*. In: J. Cano (Ed.). Critical reflections of information systems: a systemic approach. Hershey, PA, USA: Idea Group, p.1-29.
- (Mora, 2011) Mora, M.L., Raisinghani, M., Gelman, O., Sicilia, M. A., 2011, *Onto-ServSys: A Service System Ontology*. In: Demirkan, H. et al. (eds.), *The Science of Service Systems, Service Science: Research and Innovations in the Service Economy*, Springer Verlag, p.151-173.
- (Voinescu, 2013) Voinescu, Iulia, 2013, *Metode și instrumente IT pentru managementul serviciilor în abordare sistemică*, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica din București .
- (Weske, 2012) Weske, M., 2012, *Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures*, 2nd Edition, Springer Verlag.
- (Wren, 1995) Wren, A., Rousseau, J-M., 1995, *Bus Driver Scheduling - An Overview*, In: Daduna JR, Branco I, Paixao JMP (eds.), *Computer-Aided Transit Scheduling*, Springer, LNEMS, no. 430, p. 173 – 187 .
- (Sampson, 2004) Sampson. S.E., 2004, *The Unified Services Theory*, 1st Conference on Production and Operations Management Society, College of Service Operations Meeting, Columbia University, New York. Retrieved March 2006, from http://www.demingcenter.com/poms/talks/Scott_Sampson.pdf.
- (Slack, 2010) Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., 2010, *Operations management*, 6th Edition, Hall Financial Times, Prentice Hall.
- (Spohrer, 2010) Spohrer, J., Maglio, P., 2010, *Toward a science of service systems: Value and symbols*, *Hand-book of Service Science*, In: Maglio, P., Kieliszewski, C.A., Spohrer, J., (eds.), Springer, p. 157-196 .
- (Spohrer, 2011) Spohrer, J. C., Demirkan, H., 2011, *Service and Science*, in *Service Science: Research and Innovations in the Service Economy*, Springer .