

MODEL PROBABILISTIC DE OPTIMIZARE A REȚELOR DE TRANSPORT PUBLIC URBAN

**Autori: dr.ing. Grigore AMBROSI, dr.ing. Vladimir POROSEATCOVSCHII,
doctorand Gheorghe AMBROSI**

Universitatea Tehnică a Moldovei, Asociația Inginerilor de Automobile,
Ministerul Transporturilor și Infrastructurii Drumurilor

Abstract: În lucrare se expune modelul probabilistic de optimizare a rețelilor de transport public urban, bazat pe teoria cozilor.

Cuvinte cheie: model, transport, optimizare, rețea, teoria cozilor.

3. Introducere

Una dintre cele mai eficiente metode de simulare a fenomenelor caracteristice rețelilor de transport public urban este utilizarea sistemică a modelelor matematice.

Simularea urbană reprezintă un sistem integrat de modelare a utilizării resurselor, care în mod obiectiv face apel la teorii cunoscute în matematicile aplicate, inclusiv la teoria cozilor [1]. Teoria respectivă este instrumentul principal utilizat pentru studiul fenomenelor decongestionare care apar atunci când numărul cererilor poate depăși capacitatea de servire.

În general, orice sistem de servicii publice reprezintă de fapt un sistem clasic de așteptare în care fiecare client beneficiază de serviciul solicitat conform regulilor și într-o ordine stabilită.

În practică, teoria cozilor este folosită în special pentru a evidenția disfuncționalitățile care pot apărea în cadrul unui sistem în funcțiune și pentru a arăta direcțiile de majorare a randamentului funcționării lui. Principalul avantaj al teoriei cozilor este obținerea unor informații extrem de importante despre timpii de așteptare cauzați de sistem pe baza unor date minime despre caracteristicile sosirilor în sistem, caracteristicile stațiilor de servire și disciplina sistemului.

Performanțele sistemelor de așteptare în condiții de suprasolicitare joacă un rol important în ceea ce privește percepția consumatorilor asupra calității serviciilor. Timpii de așteptare și întârzierile sunt inevitabile în cadrul acelor sisteme de așteptare carerăspund unor cereri aleatoare a căror apariție în timp și spațiu este determinată de anumitelegi probabilistice. A oferi, în cadrul unui sistem de așteptare, capacități de servire suficiente pentru a evita așteptările în orice circumstanțe, implică costuri prea mari.

Din aceste motive, teoria cozilor este suportul cel mai util pentru proiectarea unor sisteme de servire care să asigure un echilibru între costurile de operare și timpii de așteptare ai utilizatorilor sistemului.

Cele menționate mai sus sunt valabile în totalitate și pentru sistemul de așteptare, caracteristic rețelilor de transport public urban.

4. Model probabilistic al stației de transport public urban

Elementul de bază al modelului probabilistic, prezentat în continuare, este modelul stației de transport public urban, ca un sistem de așteptare.

Este analizat un sistem de așteptare cu timpii nelimitați de așteptare și număr variabil de canale de servire. Întrările în sistem sunt modelate deo variabilă aleatoare a cărei lege de repartiție este repartiția Poisson cu parametrul λ . Servirea are loc instantaneu în momente prestabilite de timp, intervalele dintre momentele de servirefiind independente, corespunzătoare distribuției normale Gauss cu parametrii m și σ . Numărul maxim de serviri în momentul de timp i este o variabilă aleatoare cu distribuție uniformă în intervalul $[0, \xi_{max}]$.

Se cere ca prim metoda stochastică să se determine timpul mediu de servire, numărul mediu de clienți în firul de așteptare și numărul mediu de canale libere neocupate.

În acest model clienții reprezintă pasagerii în așteptare din stația de transport public, canalele de servire reprezintă locurile libere neocupate din vehiculul intrat în stație, momentele servirii sunt momentele de timp de sosire a vehiculelor în stație, perioada de servire – intervalul de timp dintre două sosiri successive ale vehiculelor în stația respectivă.

Se presupune că în momentul începerii servirii grupului n de cereri de servire în firul de așteptare sunt q_n cereri de servire (pasageri). În acest caz valoarea q_n se determină cu următoarea relație recurentă:

$$\left. \begin{aligned} q_n - \eta_0 + \xi_{n+1} &\text{ dacă } q_n \geq \eta_n, \\ q_n &= \\ \xi_{n+1} &\text{ dacă } 0 \leq q_n \leq \eta_n. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

în care: η_n – numărul total de cereri de servire din grupul n ; ξ_{n+1} – numărul de cereri intrate în firul de servire din momentul începerii servirii grupul n de cereri.

Valoarea intervalului de timp dintre două serviri succesive ca variabilă aleatoare se determină cu formula:

$$I = t_{s.p.} + t_i + t_d, \quad (2)$$

unde: $t_{s.p.}$ este o variabilă cu distribuție normală și reprezintă timpul de deplasare a vehiculului de la stația precedentă la stația curentă, t_i , t_d – timpii de îmbarcare, și, respectiv, debarcare a pasagerilor.

Evident, timpul de îmbarcare este direct proporțional cu numărul n_i de pasageri îmbarcați:

$$\left. \begin{aligned} q_n &\text{ pentru } 0 \leq q_n \leq \eta_n, \\ n_i &= (3) \\ \eta_n &\text{ pentru } q_n > \eta_n. \end{aligned} \right\}$$

Timpul de debarcare din vehicul este determinat de numărul n_d de pasageri debarcați, valoare aleatoare, distribuită uniform în intervalul $[0, n_{dn}]$, constant pentru oprirea analizată.

Valoarea aleatorie ξ_{n+1} reprezintă numărul de cereri de servire, intrate în firul de așteptare în perioada I dintre două serviri succesive, corespunde repartiției Poisson.

5. Modelul probabilistic al unei linii de transport public urban

Modelarea funcționării unei linii de transport public urban de pasageri ca serviciu public și ca sistem de așteptare presupune stabilirea exactă a ordinii de calcul pentru fiecare dintre opririle liniei analizate și pentru fiecare vehicul emis la linie. Procedura de calcul constă în analiza consecutivă a trecerii fiecărui vehicul în ordinea stabilită la emisie prin consecutivitatea de stații ale liniei.

Presupunem că linia include m stații, inclusiv stațiile inițială și terminus, și este deservită de k vehicule.

Este stabilită sarcina determinării caracteristicilor liniei în intervalul de timp I , în limitele căruia parametrii modelului sunt staționari.

Pentru modelarea caracteristicilor de intrare a stației inițiale a liniei analizate este obligatoriu să se cunoască parametrii fluxului de călători în perioada intervalului de circulație la linie. Astfel, momentul pornirii vehiculului i din stația inițială se determină cu relația:

$$t_i = (i-1)I + t_i, \quad i = 1, k \quad (4)$$

în care: t_i este timpul de îmbarcare a pasagerilor în stația inițială în vehiculul i .

Datele inițiale pentru modelarea circulației vehiculelor pentru următoarele stații ale liniei analizate se determină astfel. Cunoscând timpii de pornire a vehiculului i din stația $(j-1)$ și a vehiculului $(i-1)$ din stația j , poate fi calculat intervalul de timp dintre etapele $(i-1)$ și i în stația j a liniei. Numărul de canale libere de servire, a numărului de locuri libere din vehiculul analizat, este determinat din încărcarea vehiculului la stația precedentă. Parametrii stației terminus nu sunt critici în modelul descris deoarece toți pasagerii sunt debarcați în timp util.

Determinând caracteristicile liniei de transport public în baza modelului expus pentru diferite valori ale numărului de vehicule la rută, din multitudinea de variante poate fi ales modul de servire care minimizează timpii de servire, astfel asigurându-se calitatea deservirii și utilizarea rațională a resurselor.

6. Evaluarea valorii coeficientului de îmbarcare în rețeaua de transport public urban

Modelul probabilistic elaborat presupune excluderea cazurilor de suprasolicitare a canalelor de servire pentru asigurarea calității deservirii publicului călător. Pe de altă parte utilizarea la maxim a capacităților de servire pentru minimizarea timpului de servire este un alt deziderat al modelului.

Controlul valorii coeficientului de îmbarcare este realizat urmărind respectarea următoarei inegalități:

$$\sum_{j=1}^r (P_{jk} - Q_{jk}) \leq q_k, \quad r = 1, n_k \quad (5)$$

în care: q_k este capacitatea nominală de îmbarcare a modelului de vehicul, antrenat la deservirea liniei k ,
 n_k - numărul total de stații la linia analizată.

Relația (5) poate fi transcrisă astfel:

$$\frac{\sum_{j=1}^r (P_{jk} - Q_{jk})}{q_k} \leq \eta_{jk} \quad (6)$$

în care: η_{jk} este valoarea maximă a coeficientului de îmbarcare, stabilită în standardele de calitate a servirii pentru orele de vârf.

În concluzie, modelul probabilistic de optimizare a rețelelor de transport public urban, expus în prezenta lucrare, asigură optimizarea numărului de vehicule în condițiile minimizării timpilor de servire a publicului călător și respectării indicatorilor aprobați de calitate a serviciilor publice de transport pentru întreaga rețea de transport public urban.

Modelul expus este utilizat de către autori pe scară largă pentru optimizarea rețelei de transport public a municipiului Chișinău.

Bibliografie:

1. Poroseatcovschii, V., Ambrosi, Gh., *Schedule optimization on routes services of public passenger transport*, Meridian Ingineresc, nr. 4, 2011, pag.63-65
2. Poroseatcovschii, V., Ambrosi, Gr., Ambrosi, Gh. *Model imitațional al rutei de transport public*, *Materialele Conferinței Științifice "Transport: economie, inginerie și management"*, Chișinău, UTM, 2010, p.34-36