

MODEL SISTEMIC DE OPTIMIZARE A LINIILOR DE TRANSPORT PUBLIC

Autori: dr.ing.Vladimir POROSEATCOVSCHII, dr.ing. Grigore Gh.AMBROSI, drd. Gheorghe Gr.AMBROSI

Universitatea Tehnică a Moldovei,
Ministerul Transporturilor și Infrastructurii Drumurilor

Abstract: În lucrare se prezintă un model sistemic de optimizare a liniilor de transport public în baza teoriei așteptării

Cuvinte cheie: sistem, modelare, transport, teoria așteptării

1. Introducere

Circulația rutieră de o complexitate extremă, caracteristică aglomerațiilor urbane, nu poate fi studiată aprofundat și multilateral decât utilizând metode de simulare cu ajutorul modelelor matematice.

La modul general simularea urbană reprezintă un sistem integrat de modelare și optimizare a utilizării tuturor genurilor de resurse, care în mod obiectiv face apel la teorii cunoscute în matematicile aplicate, inclusiv la teoria fenomenelor de așteptare [1], [2]. Teoria așteptării este instrumentul principal folosit în studiul fenomenelor de congestionare care apar atunci când numărul cererilor poate depăși capacitatea de servire.

În esență, orice sistem al serviciilor publice este un sistem de așteptare în care fiecare consumator beneficiază de serviciul solicitat după anumite reguli și într-o anumită ordine. Majoritatea sistemelor de așteptare se caracterizează cu o variabilitate deosebită a intrărilor în sistem și a prestării serviciului public pentru consumator.

În practică, teoria așteptării este folosită în special pentru a scoate în evidență disfuncționalitățile existente în cadrul unui sistem aflat în funcțiune și pentru a arăta direcțiile de eficientizare a funcționării acestuia. Principalul avantaj al teoriei așteptării este acela că poate pune la dispoziție informații extrem de importante despre timpii de așteptare care apar în sistem pe baza unor date minimale 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 care răspund unor cereri aleatoare a căror apariție în timp și spațiu este determinată de anumite legi 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 așteptării 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 liniilor de transport public.

2. Modelul stației de transport public

Elementul de bază al modelului sistemic, prezentat în continuare, este stația de transport public, modelată ca un sistem de așteptare.

Se precaută un sistem de așteptare cu mai multe canale de servire, timpii nelimitați de așteptare și număr variabil de canale de servire. Intrările în sistem vor fi modelate de o variabilă aleatoare a cărei lege de repartiție este repartiția Poisson (legea evenimentelor rare) cu parametrul λ . Servirea are loc instantaneu doar în momente prestabilite de timp, intervalele dintre momentele de servire fiind 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 $[0, \zeta_{max}]$.

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 neocupate.

În cazul analizat clienții sunt reprezentați de 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 stație.

Presupunem că în momentul începutului 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:

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

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 - timpurile de îmbarcare, și, respectiv, debarcare a pasagerilor.

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

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

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.

3. Modelul liniei de transport public

Modelarea funcționării unei linii de transport 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 timpurile 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.

4. Evaluarea și controlul valorii coeficientului de îmbarcare

Modelul elaborat presupune excuderea 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 sistemic de optimizare a liniilor de transport public, expus în prezenta lucrare, asigură optimizarea numărului de vehicule la linie în condițiile minimizării timpilor de servire a publicului călător și respectării indicatorilor aprobați de calitate a serviciilor publice de transport.

Modelul expus poate fi utilizat pentru optimizarea rețelelor de transport public în marile orașe.

Bibliografie:

1. V.Poroseatcovschii, Gh.Ambrosi, Schedule optimization on routes services of public passenger transport, Meridian Ingineresc, nr. 4, 2011, pag.63-65
2. V.Poroseatcovschii, Gh.Ambrosi, Optimizarea deservirii rutei de transport public de pasageri, Analele ATIC, nr.14, 2010, pag.38-41