

ALGORITMI DE MODELARE A COEFICIENTULUI DE TRAFIC ÎN ACTIVITATEA PORTUARĂ

Alina COSTEA

Universitatea Maritimă din Constanța, România

În această lucrare se aplică algoritmi de modelare a coeficientului de trafic în activitatea portuară. În teoria așteptării, coeficientul de trafic are un aspect aplicativ bine pronunțat, el descriind încărcarea sistemului și are o importanță fundamentală, deoarece, odată stabilită repartiția timpului de servire, toate caracteristicile modelului studiat se exprimă în funcție de acest parametru.

Rezultatele teoretice obținute în legătură cu algoritmi de evaluare a coeficientului de trafic pot fi aplicate în portul maritim, precum și în alte domenii de activitate.

Cuvinte-cheie: *coeficient de trafic, perioadă de ocupare, teoria așteptării.*

COEFFICIENT OF TRAFFIC MODELING ALGORITHMS IN SEAPORT ACTIVITY

In this paper we apply modeling algorithms of traffic coefficient in seaport activity. In queuing theory the coefficient of traffic has an applicative aspect well pronounced, he is describing system load and it is of fundamental importance, because once established the distribution service time, all the characteristic features of the studied model are expressed by this parameter.

The theoretical results obtained in the evaluation algorithms related to traffic coefficient they can be applied in seaport activity and in other fields.

Keywords: *traffic coefficient, ocupacy period, queueing theory.*

Introducere

Studiul așteptării conține trei etape distincte, și anume: o primă etapă se ocupă cu tipul de repartiție al sosirilor și al serviciilor, în etapa a doua se determină indicatorii modelului, iar în etapa a treia se determină un criteriu după care trebuie luată decizia de îmbunătățire [1, 2].

În practică, mijloacele materiale investite pentru crearea sau perfecționarea unui sistem de așteptare sunt limitate și se dorește a le utiliza în mod economic și științific justificat. Din acest punct de vedere, putem afirma că problema principală de aplicare a teoriei așteptării constă în stabilirea și justificarea cheltuielilor materiale necesare pentru atingerea unui nivel dat al calității servirii în fenomenele de așteptare cu caracter de masă. Rezultă că un rol important îl au indicatorii calității servirii: lungimea șirului de așteptare, volumul serviciilor efectuate într-o unitate de timp, coeficientul de trafic și alții.

Un model de așteptare, în general, poate fi descris astfel: există anumite elemente aparținând unei mulțimi oarecare, care cer un anumit serviciu. Pentru acesta, elementul care cere un serviciu vine la un moment dat dintr-un punct numit sursă și așteaptă până la un anumit moment, când el este chemat să fie servit de către o stație care va executa acest serviciu. După ce elementul este servit, părăsește aria fenomenului de așteptare [3, 4].

Deci, un model de așteptare este descris complet prin următoarele elemente: fluxul de intrare, numărul de stații de servire, durata de servire a cererilor, numărul locurilor de așteptare.

În cazul portului maritim, un sistem de așteptare reprezintă un model generic care se compune din trei elemente:

- 1) navele (consumatorii) care solicită un serviciu;
 - 2) stația de servire care are ca menire satisfacerea cererilor clienților într-un sistem de așteptare. Stația de servire poate avea o singură dană sau pot exista mai multe dane (număr finit sau infinit) identice care lucrează în paralel;
 - 3) firul de așteptare sau coada care se formează în cazul în care navele trebuie să aștepte.
- Modelele din teoria așteptării se diferențiază între ele în ceea ce privește:
- legile de probabilitate ce guvernează sosirea clienților și servirea acestora;
 - numărul danelor din stația de servire;
 - disciplina firului de așteptare.

Sistemul de așteptare M/G/1

Vom considera sistemul clasic M/G/1 cu repartiție exponențială $x \geq \text{Exp}(\lambda)$ [5]. Considerăm λ intensitatea fluxului de intrare Poisson, μ numărul mediu de nave procesate într-o unitate de timp și $B(t) = P\{B \leq t\}$ funcția de repartiție a servirii. Fie $\Pi(t)$ funcția de repartiție a perioadei de ocupare și transformatele Laplace-Stieltjes ale funcțiilor $\Pi(t)$ și $B(t)$:

$$\pi(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d\Pi(t)$$

și

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dB(t) = \int_0^{\infty} e^{-st} d[1 - e^{-bt}]$$

În acest caz, $\beta(s) = \frac{1}{1 + bs}$, iar $\pi(s)$ se determină din Teorema lui Kendall:

$$\pi(s) = \beta(s + \lambda - \lambda\pi(s))$$

Coeficientul de trafic este $\rho = \lambda M[B(t)]$, iar condiția de staționaritate a sistemului este

$$\rho = \lambda M[B(t)] < 1 \quad [6]$$

Algoritmul de calcul pentru perioada de ocupare [7, 8] este:

Pasul 0) $\pi^0(s) = \pi(s) = 0$

Pasul 1) $\pi^1(s) = \beta(s + \lambda - \lambda\pi^0(s))$

Pasul 2) $\pi^2(s) = \beta(s + \lambda - \lambda\pi^1(s))$

.....

Pasul n) $\pi^n(s) = \beta(s + \lambda - \lambda\pi^{n-1}(s))$

$$|\pi^n(s) - \pi^{n-1}(s)| < \varepsilon$$

$$\pi(s) = \pi^n(s)$$

Pentru acest sistem vom calcula:

✓ Valoarea medie a perioadei de ocupare: $M_1 = \frac{\rho}{1-\rho}$

✓ Numărul mediu de nave în șirul de așteptare: $M_2 = M_1 - \rho$

✓ Timpul mediu de așteptare a navei în sistem: $M_3 = \frac{1}{b-\lambda}$

✓ Timpul mediu de așteptare a navei în șirul de așteptare: $M_4 = \frac{\rho}{b-\lambda}$

În continuare vom analiza coeficientul de trafic atunci când repartiția șirului de așteptare este Erlang de ordinul 2, Gamma cu parametrul $\alpha = 4$, sau repartiția este uniformă în intervalul $[a, b]$ dat.

În cazul în care coeficientul de trafic este mai mic decât 1, înseamnă că sistemul portuar lucrează în regim staționar, iar dacă valoarea coeficientului de trafic este mai mare ca 1, atunci înseamnă că deservirea navelor a fost mai lentă și sosirile navelor în dană au fost mai rapide, sosind în port un număr mai mare de nave, astfel realizându-se un șir mai mare de așteptare.

Exemplul 1: Dacă într-un port maritim sosesc nave în mod aleator și dacă nu pot fi preluate imediat la o dană, ele așteaptă, astfel formându-se un șir de așteptare.

Fluxul este Poisson și repartiția este Erlang de ordinul 2.

Știm numărul mediu de nave ce sosesc în port într-o unitate de timp (λ) și numărul mediu de nave deservite într-o unitate de timp (b).

Valoarea inversă $1/\lambda$ este timpul mediu dintre două sosiri consecutive ale navelor, iar valoarea inversă $1/b$ este timpul mediu de servire a unei nave.

$$M(B) = \frac{2}{b} \text{ și } M(z_k) = \frac{1}{\lambda}$$

Tabelul 1

Coefficientul de trafic în cazul repartiției Erlang de ordinul 2

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
λ	2	5	1	3	4
b	3	4	2	7	6
$M(z_k)$	0,5	0,2	1	0,3	0,25
$M(B)$	0,66	0,5	1	0,28	0,5
ρ	1,32	2,5	1	0,9	2

Din analiza Tabelului 1 observăm că danele 1, 2 și 5 nu sunt viabile, deoarece șirul de așteptare va crește nelimitat, pentru că $\rho > 1$, în timp ce danele 3 și 4 au coeficientul de trafic mai mic sau egal cu 1.

Tabelul 2

Coefficientul de trafic în cazul repartiției Erlang de ordinul 2

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
λ	2	5	1	3	4
b	5	11	3,3	6,6	13
$M(z_k)$	0,5	0,2	1	0,3	0,25
$M(B)$	0,4	0,18	0,6	0,3	0,15
ρ	0,8	0,9	0,6	1	0,6

Din analiza Tabelului 2 observăm că toate danele au coeficientul de trafic mai mic sau egal cu 1.

Exemplul 2: Dacă într-un port maritim sosesc nave în mod aleator și dacă nu pot fi preluate imediat la o dană, ele așteaptă, astfel formându-se un șir de așteptare. Fluxul este Poisson și repartiția este Gamma cu parametrul $\alpha = 4$. Știm numărul mediu de nave ce sosesc în port într-o unitate de timp (λ) și numărul mediu de nave deservite într-o unitate de timp (b). Valoarea inversă $1/\lambda$ este timpul mediu dintre două sosiri consecutive ale navelor, iar valoarea inversă $1/b$ este timpul mediu de servire a unei nave.

$$M(B) = \frac{\alpha}{b} \text{ și } M(z_k) = \frac{1}{\lambda}$$

Tabelul 3

Coefficientul de trafic în cazul repartiției Gamma cu parametrul $\alpha = 4$

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
λ	5	2	3	7	4
b	9	7	10	5	9
$M(z_k)$	0,2	0,5	0,33	0,14	0,25
$M(B)$	0,4	0,57	0,4	0,8	0,44
ρ	2	1,1	1,2	5,7	1,7

Tabelul 4

Coeficientul de trafic în cazul repartiției Gamma cu parametrul $\alpha = 4$

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
λ	5	2	3	7	4
b	40	10	13,3	33,3	16
$M(z_k)$	0,2	0,5	0,33	0,14	0,25
$M(B)$	0,1	0,4	0,3	0,12	0,25
ρ	0,5	0,8	0,9	0,85	1

Din analiza tabelelor 3 și 4 observăm că sistemul este eficient doar dacă numărul de nave deservite într-o unitate de timp este mult mai mare față de cel din cazul repartiției exponențiale.

Exemplul 3: Dacă într-un port maritim sosesc nave în mod aleator și dacă nu pot fi preluate imediat la o dană, ele așteaptă, astfel formându-se un șir de așteptare. Fluxul este Poisson și repartiția este uniformă în intervalul $[a, b]$ dat. Știm numărul mediu de nave ce sosesc în port într-o unitate de timp (λ) și numărul mediu de nave deservite într-o unitate de timp (b). Valoarea inversă $1/\lambda$ este timpul mediu dintre două sosiri consecutive ale navelor, iar valoarea inversă $1/b$ este timpul mediu de servire a unei nave.

$$M(B) = \frac{a+b}{2} \text{ și } M(z_k) = \frac{1}{\lambda}$$

Tabelul 5

Coeficientul de trafic în cazul repartiției uniforme

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
a	2	1	3	1	2
b	4	7	5	3	6
λ	3	2	7	5	8
$M(z_k)$	0,2	0,5	0,33	0,14	0,12
$M(B)$	3	4	4	2	4
ρ	15	8	12	10	33

Tabelul 6

Coeficientul de trafic în cazul repartiției uniforme

Caracteristicile terminalului	Dana 1	Dana 2	Dana 3	Dana 4	Dana 5
a	2	1	3	1	2
b	4	7	5	3	6
λ	0,26	0,22	0,17	0,15	0,3
$M(z_k)$	3,75	4,4	5,7	6,6	3,3
$M(B)$	3	4	4	2	4
ρ	0,8	0,9	0,7	0,3	1,21

Din analiza tabelelor 5 și 6 observăm că în același interval de timp și pentru același timp mediu de servire a unei nave mai eficient este sistemul în care numărul de nave sosite în port este mai mic.

Concluzii

În această lucrare am discutat despre coeficientul de trafic, acesta fiind cea caracteristică a sistemului care indică încărcarea lui, astfel putând stabili în ce condiții sistemul este fiabil sau ar mai trebui îmbunătățit. În baza algoritmilor realizați au fost elaborate programe în limbajul de programare C++, astfel evaluând caracteristicile numerice ale sistemului portuar.

Referințe:

1. MIȘCOI, Gh. *Sisteme de așteptare cu priorități generalizate*. Chișinău, AȘM, 2009 (în rusă). 200 p.
2. MIȘCOI, Gh., COSTEA, A., ȚICU, R.I. Modelarea activității terminalului maritim în baza coeficientului de trafic. În: Academia de Transporturi, Informatică și Comunicații. *Materialele Conferinței internaționale „Modelare matematică, optimizare și tehnologii informaționale”*. Chișinău, 2016, p.242-252. ISBN 978-9975-3099-8-1
3. MIȘCOI, Gh., BENDERSCHI, O. Cu privire la calculul intensității de trafic în sistemele de așteptare generalizate. În: *Materialele Conferinței științifice internaționale „Modelare matematică, optimizare și tehnologii informaționale”*. Chișinău: Evrica, 2008, p.167-174.
4. MIȘCOI, Gh., COSTEA, A., ȚICU, R.I. Aplicarea sistemului de așteptare cu o singură linie în portul maritim. În: Academia de Transporturi, Informatică și Comunicații. *Materialele Conferinței internaționale „Modelare matematică, optimizare și tehnologii informaționale”*, Chișinău, 2014, p.142-146. ISBN 978-9975- 62-365-0
5. MIȘCOI, Gh., COSTEA, A. Metode bazate pe aparatul transformatelor Laplace și Laplace-Stieltje. În: Academia de Transporturi, Informatică și Comunicații. *Materialele Conferinței internaționale „Modelare matematică, optimizare și tehnologii informaționale”*, Chișinău, 2012, p.106-114. ISBN 978-9975-941-88-4
6. MURATA, M., TAKAGI, H. *Mean waiting times in nonpreemptive priority M/G/1 queues with server switchover times*. Teletraffic Anal. Proc. Int. Semin., Amsterdam, June 2-6, 1986, p.395-407.
7. MIȘCOI, Gh., MIȘCOI, D. Condițiile de trafic pentru sisteme de așteptare cu fluxuri de intrare neomogene. În: Ulim. *Symposia Professorum. Seria Economie*. Chișinău, 1999, p.29-32.
8. COSTEA, A., ȚICU, R.I., ION, L., MISHKOY, Gh. The role of the traffic coefficient in the analysis of information processes in a seaport. În: *Analele Universității Maritime din Constanța*. Year XVI, vol.23, România, 2015, p.135-138. ISSN 1582-3601

Prezentat la 22.05.2016