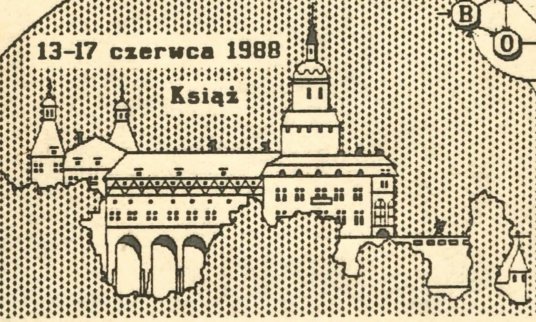
Redaktorzy:
A.Straszak
Z.Nahorski
J.Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



1. Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Tom 1

BOS'88

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

TOM 1

OPTYMALIZACJA
METODY I ZASTOSOWANIA

I KRAJOWA KONFERENCJA

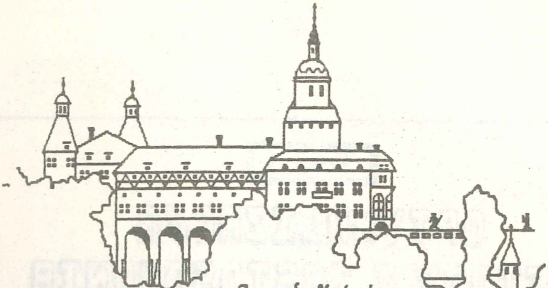
BADAŃ OPERACYJNYCH i SYSTEMOWYCH

Książ, 13 - 17 czerwca 1988

BOS'88

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1989
WARSZAWA



Zamek Książ

I Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Organizator konferencji

Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
przy współpracy
Instytutu Badań Systemowych PAN

Komitet naukowy konferencji

Jerzy Hołubiec, Andrzej Kałuszko, Jerzy Kisielnicki, Henryk Kowalowski, Roman Kulikowski, Franciszek Marecki, Zbigniew Nahorski, Stanisław Piasecki, Jarosław Sikorski, Jan Stachowicz, Jan Stasierski, Andrzej Straszak, Maciej Sysło, Władysław Świtalski

Redaktorzy naukowi materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

5. Optymalizacja struktur

5.6

I Krajowa Konferencja
Badań Operacyjnych i Systemowych
Książ, 13 - 17 czerwca 1988r.

ANALIZA KOSZTOW FUNKCJONOWANIA WYBRANYCH GRUPOWYCH SYSTEMÓW MASOWEJ OBSŁUGI Z PROGIEM

Stanisław Stanek
ZNZ PAN O/BYTOM

Dla jednokanałowego systemu obsługi masowej o przybyciach i obsługach grupowych zaprezentowana zostanie pewna polityka obsługiwania. Określają ją trzy wielkości progowe: L_1 - minimalna liczba zgłoszeń w kolejce przy której rozpoczyna się nowa obsługa, L_2 - minimalna liczba zgłoszeń w kolejce przy której rozpoczyna się okres zajętości oraz L_3 - maksymalna liczba zgłoszeń oczekujących w kolejce (liczba miejsc w poczekalni). Podane w pracy zależności wskazują, że wprowadzenie proponowanych wielkości progowych pozwala na poprawę efektów ekonomicznych funkcjonowania grupowego systemu obsługi masowej.

1. Wprowadzenie.

Funkcjonowanie systemu masowej obsługi jest często związane z ponoszeniem dużych nakładów finansowych. Niejednokrotnie zmiana organizacji pracy takiego systemu może się przyczynić do poprawy efektywności jego działania (por. np. Crabill i in. (1977)).

W większości prac z zakresu teorii obsługi masowej zakłada się, że urządzenie obsługujące pracuje w zależności od tego czy w kolejce oczekują zgłoszenia. W kilku pracach (por. np. Deb i Serfozo (1973)), Kosten (1979), Weiss (1979)) wskazuje się, że w przypadku systemu obsługi masowej $M/G^R/1$ o wykładniczych odstępach czasu między pojedynczymi przybyciami i obsługach grupowych (zwykle przy założeniu nieskończonej pojemności urządzenia obsługującego $R = \infty$) poprawę efektywności działania systemu można uzyskać po wprowadzeniu polityki "granicy kontrolnej Q", przy której rozpoczęcie obsługiwania następuje z chwilą przekroczenia, określonej na podstawie analizy ekonomicznej, liczby zgłoszeń oczekujących w kolejce. Prace te zwracają uwagę na ekonomiczne aspekty funkcjonowania systemu masowej obsługi.

W referacie dla ogólnego grupowego systemu obsługi masowej $GI^x/G^y/1$ zostanie zaprezentowanych kilka różnych polityk obsługiwania. Polityki te mogą być stosowane łącznie lub rozdzielnie w zależności od parametrów ekonomicznych funkcjonowania systemu . Analiza tych polityk została przedstawiona na przykładzie kilku szczególnych przypadków dla których udało się otrzymać prostą dla interpretacji postać wyników.

2. Model ogólny.

Rozważmy jednokanałowy system masowej obsługi $GI^x/G^y/1$ o przybyciach i obsługach grupowych.

A. Przybycia są określone przez:

Dystrybuantę $A(x)$ czasu między przybyciami grupowymi.

Prawdopodobieństwa c_i, $i=1,2,\ldots,$ zdarzenia, że w przybywającej grupie jest i - zgłoszeń.

B. Polityka obsługiwania zakłada istnienie trzech wartości progowych $L_1 \le L_2 \le L_3$:

L_1 - minimalna liczba zgłoszeń w kolejce przy której rozpoczyna się nowa obsługa (granica kontrolna).

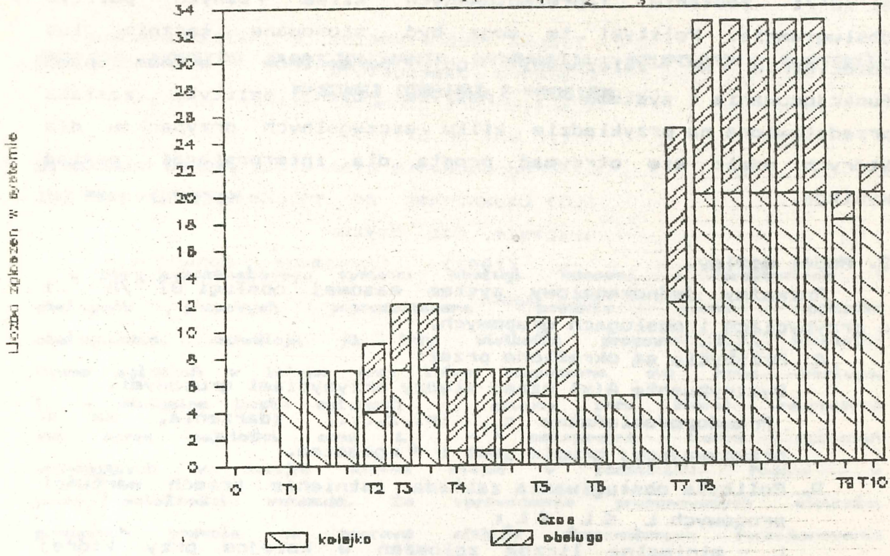
L_2 -minimalna liczba zgłoszeń w kolejce przy której rozpoczyna się okres zajętości.

L_3 - maksymalna liczba zgłoszeń oczekujących w kolejce (liczba miejsc w poczekalni).

Poniżej na Rys.1 przedstawiono przykładową realizację zmian liczby zgłoszeń w systemie w przypadku $L_1 = 6$, $L_2 = 8$, $L_3 = 20$. Liczba zgłoszeń w systemie jest sumą liczby zgłoszeń w obsłudze i w kolejce. W chwili zerowej w systemie nie ma zgłoszeń - trwa przestój. W chwili T1 wpłynęła do systemu grupa zawierająca 7 zgłoszeń. Okres zajętości nie może się rozpocząć ponieważ nie został przekroczony próg $L_2 = 8$ zgłoszeń. Zgłoszenia oczekują w kolejce. W chwili T2 wpływają dodatkowo dwa zgłoszenia i ponieważ zostaje przekroczony próg L_2 natychmiast rozpoczyna się obsługa. Z przebywających w systemie 9 - ciu zgłoszen pięć zostaje wziętych do obsługi, a dwa oczkują w kolejce. W trakcie obsługi, w chwili T3 dołącza do kolejki druga grupa zgłoszeń zawierająca trzy zgłoszenia. W chili T4 kończy się obsługa. Poniewaz w systemie

Rys.1. Przykladowa realizacja zmian

w przypadku $L_1=8, L_2=8, L_3=20$.



trwa okres zajętości oraz oczekuje więcej niż $L_1 = 6$ zgłoszeń (dokładnie 7) więc rozpoczyna się kolejna obsługa. Do obsługi zostaje wziętych 5 zgłoszeń. W czasie trwania tej obsługi wpływa jedna grupa zgłoszeń licząca 4 zgłoszenia. Oznacza to że w chwili jej zakończenia jest w systemie tylko pięć zgłoszeń poniżej wartości progowej L_1. Rozpoczyna się przestój urządzenia obsługującego. Przestój ten kończy się z chwilą T7. W chwili T8 zostaje osiągnięta wartość progowa $L_3 = 20$ zgłoszeń w poczekalni. Kolejna grupa zgłoszeń będzie mogła być przyjęta do kolejki po zakończeniu obsługi. Wpływające w międzyczasie zgłoszenia nie zostaną obsłużone.

C. Obsługi są opisane przez:

Warunkowe prawdopodobieństwa d_{ij}, $i=0,1,\dots,j$, $j \geq L_1$, że zostanie wzięte z kolejki do obsługi i zgłoszeń gdy oczekuje w kolejce j - zgłoszeń.

Dystrybuanty $B_i(x)$ czasu trwania obsługi, w której jest obsługiwane i zgłoszeń.

D. Warunki ekonomiczne funkcjonowania systemu są określone

przez następujące parametry:
Koszt K_1 pracy urządzenia obsługującego w jednostce czasu.
Koszt K_2 każdorazowego uruchomienia urządzenia obsługującego (o stałej wartości).
Przychód r związany z obsłużeniem jednego zgłoszenia. Przychód należy rozumieć jako opłatę wnoszoną przez obsługiwane zgłoszenie (np. opłata za przejazd w systemie komunikacji) zwiększającą aktywa systemu obsługi.

Tak więc na sumaryczny średni koszt $\varkappa(t)$ działania systemu w przedziale czasu $(0,t)$ wpływają:
-koszt $\varkappa_1(t)$ oczekiwania zgłoszenia w kolejce
-koszt $\varkappa_2(t)$ pracy urządzenia obsługującego
-koszt $\varkappa_3(t)$ poniesiony w związku z rozpoczęciami obsługiwania po przestoju:

(1) $$\varkappa(t) = \varkappa_1(t) + \varkappa_2(t) + \varkappa_3(t) \quad .$$

LEMAT: W okresie stacjonarnym w zależności od charakterystyk systemu;
EQ - oczekiwana liczba zgłoszeń w kolejce,
p - prawdopodobieństwo przestoju urządzenia obsługującego,
$E\tau$ - oczekiwany czas trwania cyklu działania (łącznie okresu zajętości i następującego po nim okresu przestoju).
b - intensywności wyjść z systemu,

średni koszt $\varkappa$ działania systemu w jednostce czasu wynosi:

(2) $$\varkappa = h\, EQ + K_1(1-p) + K_2/E\tau \quad ,$$

zaś średni przychód w jednostce czasu wynosi:
(3) $R = r\, b$.

Dowód: Dowód zależności:
(4) $$\varkappa_1 = E(\lim_{t \to \infty} t^{-1} \varkappa_1(t)) = h\, EQ$$
(5) $$\varkappa_2 = E(\lim_{t \to \infty} t^{-1} \varkappa_2(t)) = K_1(1-p)$$
(6) $$R = r\, b$$

przebiega identycznie jak w dowodzie twierdzenia 2.5.1 w pracy Stanek (1986). Dla dowodu zależności

(7) $\varkappa_s = E(\lim_{t\to\infty} t^{-1}\varkappa_s(t)) = K_2/E\tau,$

zauważmy, że jeśli oznaczymy przez $\nu(t)$ liczbę cykli działania systemu w czasie $(0,t)$, to wówczas

(8) $\varkappa_s(t) = K_2\nu(t).$

Ponadto czas trwania kolejnego cyklu działania zależy jedynie od liczby zgłoszeń w systemie w chwili rozpoczęcia tego cyklu. Oznacza to, że zmienność tych cykli modeluje proces semi-Markowa, proces $\{\nu(t),\ t>0\}$ jest skalarnym procesem liczącym w procesie semi-Markowa (por. np. Королюк i Турбин 1976). Stąd oraz z zależności (8) otrzymujemy (7).

Z zależności (1), (4), (5), (7) otrzymujemy (2).

W przypadku gdy liczba miejsc w poczekalni jest nieskończona $L_s = \infty$ intensywność wyjść z systemu jest równa intensywności przybyć do systemu:

(9) $R = r\,\lambda\, EC$,

gdzie λ jest intensywnością przybyć grupowych, a EC wartością oczekiwaną liczby zgłoszeń w grupie (por. Stanek (1986) tw.2.5.1). Z zależności tej wynika, że oczekiwany przychód w jednostce czasu w okresie stacjonarnym, w tym przypadku, zależy jedynie od popytu na wykonanie obsługi, a nie zależy od polityki obsługiwania.

3. Analiza przypadku gdy w strukturze kosztów dominującą rolę odgrywa koszt uruchomienia urządzenia obsługującego na przykładzie systemów $M^x/G/1$ oraz $L_2,M/G/1$.

Załóżmy na początek, że w strukturze kosztów dominującą rolę odgrywa koszt K_2 uruchomienia urządzenia obsługującego. Zauważmy dla przykładu, że sytuacja taka występuje w warunkach huty, gdzie uruchomienie wielkiego pieca pociąga za sobą duże koszty.

Postawiony problem rozważmy najpierw na przykładzie znanego systemu $M^x/G/1$ o grupowych przybyciach w odstępach o rozkładzie wykładniczym i pojedynczych obsługach $(L_1 = L_2 = 1,\ L_s = \infty)$.

Niech

λ - intensywność przybyć grupowych,

$EC=\sum_{(i=1)}^{\infty} ic_i$, $EC^2=\sum_{(i=1)}^{\infty} i^2c_i$, $D^2C=EC^2-(EC)^2$ – odpowiednio średnia, drugi moment i wariancja rozkładu liczby zgłoszeń w grupie,

$1/\mu$, $\mu^{(2)}$ – średnia i drugi moment czasu obsługi,

$\rho = \lambda\, EC / \mu$ – współczynnik przepustowości systemu.

Twierdzenie 1: W przypadku $\rho < 1$ w okresie stacjonarnym dla średniego sumarycznego kosztu $\varkappa$ oraz przychodu R funkcjonowania systemu $M^x/G/1$ mamy:

$$(10) \qquad \varkappa = h\left(\frac{\lambda(EC^2-EC)}{2\mu(1-\rho)} + \frac{(\lambda EC)^2 \mu^2}{2(1-\rho)}\right) + K_1\rho + K_2\lambda\,(1-\rho)$$

$$(11) \qquad R = \lambda\, r\, EC.$$

Dowód: Dla systemu $M^x/G/1$ w przypadku $\rho < 1$ w okresie stacjonarnym mamy

$$EQ = \frac{\lambda(EC^2-EC)}{2\mu(1-\rho)} + \frac{(\lambda\, EC)^2 \mu^{(2)}}{2(1-\rho)} .$$

$$p = 1 - \rho$$

$$E\tau = ET + EI = \frac{EC}{\mu(1-\rho)} + \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda(1-\rho)} .$$

gdzie ET jest czasem trwania okresu zajętości, a EI jest czasem trwania następującego po nim okresu przestoju. Podstawiając te zależności do (2) oraz wykorzystując (9) otrzymujemy (10), (11).

Koszt $\varkappa$ jako funkcja przychodu R wyraża się w rozważanym przypadku wzorem:

$$\varkappa = \left(EC+\frac{D^2C}{EC} - 1+\frac{\mu^{(2)} R \mu^2}{r}\right)\frac{hR}{2(\mu r-R)}+\frac{RK_1}{r\mu}+\frac{RK_2}{rEC}\left(1 - \frac{R}{\mu r}\right), \qquad R<\mu r.$$

Jak widać z powyższej zależności zwiększając średnią liczbę zgłoszeń w grupie EC przy jednoczesnym zmniejszaniu intensywności λ przybyć grupowych możemy zmniejszyać koszty związane z uruchamianiem sysytemu przy stałym przychodzie $R = \lambda\, EC$. Zauważmy jednak, że rosną koszty związane z oczekiwaniem zgłoszeń w kolejce (gdy $h>0$).

Inna możliwość poprawy efektywności działania tego typu systemów to wprowadzenie progu ;

L_2 - minimalna liczba zgłoszeń w systemie, przy której system może rozpocząć pracę po przestoju.

System M/G/1 z wprowadzoną wartością progową L_2 oznaczamy jako L_2,M/G/1.

Twierdzenie 2. W przypadku systemu L_2/M/G/1, gdy $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ dla średniego kosztu $\varkappa$ oraz przychodu R funkcjonowania systemu w jednostce czasu mamy

$$(12) \qquad \varkappa = \left(\frac{L_2-1}{2} + \frac{\lambda^2 \mu^{(2)}}{2(1-\rho)}\right)h + K_1\rho + \frac{\lambda K_2}{L_2}(1-\rho),$$

$$(13) \qquad R = \lambda r$$

Dowód twierdzenia polega na wyznaczeniu charakterystyk EQ, p, Eτ systemu L_2,M/G/1 oraz wykorzystaniu lematu. Dla wyznaczenia EQ, p można wykorzystać metodę włożonego w chwilach zakończenia obsługi łańcucha Markowa (struktura macierzy przejścia tego łańcucha jest analogiczna jak w przypadku systemu M^x/G/1 por. Stanek (1982)). Dla wyznaczenia Eτ wystarczy zauważyć, że dla rozważanego systemu okresy zajętości i przestoju mogą być traktowane jako suma L_2 okresów odpowiednio zajętości lub przestoju w systemie M/G/1.

Koszt jako funkcja przychodu wyraża się zależnością:

$$\varkappa = \left(\frac{L_2-1}{2} + \frac{R^2 \mu^{(2)} \mu}{2r(\mu r - R)}\right)h + \frac{R K_1}{r \mu} + \frac{R K_2}{r L_2} + \left(1 - \frac{R}{r\mu}\right), \qquad R < r\mu.$$

Zależności dla kosztu funkcjonowania systemów M^x/G/1 oraz L_2,M/G/1 wykazują podobieństwo jeśli chodzi o koszt związany z rozpoczynaniem pracy przez urządzenie obsługujące (rolę średniej liczby zgłoszeń w grupie EC dla systemu M^x/G/1 odgrywa w systemie L_2/M/G/1 próg L_2) oraz koszt związany z pracą urządzenia obsługującego. W przypadku systemu L_2,M/G/1 koszt związany z oczekiwaniem przy wzroście L_2 rośnie proporcjonalnie jedynie do h/2. Wzrost ten jest wolniejszy niż w systemie M^x/G/1 dla systemów o współczynniku przepustowości między $\frac{1}{2}$ i 1 (przy założeniu L_2=EC)

4. Analiza przypadku gdy w strukturze kosztów dominującą rolę odgrywa koszt pracy urządzenia obsługującego na przykładzie systemu $L_1,M/G^m/1$.

Rozważmy obecnie przypadek gdy koszt K_1 pracy urządzenia obsługującego w jednostce czasu odgrywa decydującą rolę przy $K_2=0$. Występuje to np. w przypadku systemów przewozowych gdzie o kosztach decyduje sumaryczny czas pracy środka przewozu.

W przypadku tego typu systemów ważny jest sposób wykorzystania pojemności urządzenia obsługującego. Niech jak poprzednio:

L_1 będzie minimalną liczbą zgłoszeń w kolejce, od której może nastąpić rozpoczęcie nowej obsługi.

Rozważmy system $L_1,M/G^m/1$ o pojedynczych przybyciach w odstępach czasu o rozkładzie wykładniczym, obsługach w grupach o stałej pojemności m oraz progu L_1 przy czym niech dodatkowo do przyjętych już oznaczeń

$\{q_i^+,\ i\geq 0\}$, EQ^+ -rozkład oraz wartość oczekiwana liczby zgłoszeń w systemie natychmiast po zakończeniu obsługi.

Twierdzenie 3. W przypadku $\rho = \lambda/m\mu < 1$ w okresie stacjonarnym dla średniego sumarycznego kosztu $\varkappa$ oraz przychodu R funkcjonowania systemu $L_1,M/G^m/1$ w jednostce czasu przy założeniu $K_2 = 0$ mamy

$$(14)\quad \varkappa = \frac{h\{mEQ^+ + L_1(L_1-1)\sum_{i=0}^{L_1-1} q_i^+ + \sum_{i=L_1}^{m-1} i(i-1)q_i^+ + m(m-1)(1-\sum_{i=0}^{m-1} q_i^+) - \frac{\lambda m}{\mu}\} - K_1(1-\rho)}{\sum_{i=0}^{L_1-1} (L_1-1)q_i^+ + \frac{\lambda}{\mu}} + K_1$$

$$(15)\quad R = \lambda\ \mu$$

przy czym rozkład $\{q_i^+,\ i\geq 0\}$ liczby zgłoszeń w systemie w chwili wyjścia nie zależy od progu L_1.

Dowód twierdzenia polega na wyznaczeniu charakterystyk EQ^+, p, $E\tau$ systemu $L_1,M/G/1$ oraz wykorzystaniu lematu. Przy wyznaczaniu wymienionych charakterystyk można wykorzystać zależności wyprowadzone w pracach Neuts (1967), (1979).

Z powyższego twierdzenia wynika, że w przypadku systemu $L_1,M/G^m/1$ zwiększaniu progu L_1 towarzyszy zwiększanie kosztu związanego z oczekiwaniem przy jednoczesnym zmniejszaniu się kosztu związanego z pracą urządzenia obsługującego.

5. Analiza przypadku gdy w strukturze kosztów dominującą rolę odgrywa koszt związany z oczekiwaniem zgłoszeń na przykładzie systemu $L_s,M/G/1$.

Dla pełności rozważań załóżmy obecnie, że koszt związany z oczekiwaniem zgłoszeń jest dominujący. Niech L_s będzie liczbą zgłoszeń w kolejce od której zanika proces przybyć do systemu. System M/G/1 z ograniczoną do L_s liczbą miejsc w poczekalni oznaczać będziemy jako $L_s,M/G/1$. Ponadto niech $\{q_i, i \geq 0\}$ będzie rozkładem liczby zgłoszeń w kolejce w systemie M/G/1.

Twierdzenie 4. W systemie $L_s,M/G/1$ o ograniczonej do L_s liczbie miejsc w poczekalni w przypadku $\rho = \lambda/\mu \leq 1$, $K_2 = 0$ dla średniego kosztu $\varkappa$ oraz przychodu R na jednostkę czasu w okresie stacjonarnym mamy:

$$(16)\quad \varkappa = \frac{h\left[\sum_{i=0}^{L_s-1} iq_i + L_s(1-\rho)(1+\rho-\sum_{i=0}^{L_s-1} q_i)\right] + K_1(1-\rho+\sum_{i=0}^{L_s-1} q_i)}{1-\rho^2+\rho\sum_{i=0}^{L_s-1} q_i}$$

$$(17)\quad R = \frac{1-\rho+\sum_{i=0}^{L_s-1} q_i}{1-\rho^2+\rho\sum_{i=0}^{L_s-1} q_i}\, r\lambda \quad .$$

Dla dowodu powyższego twierdzenia należy podstawić zależności (1.1) (1.2) wyprowadzone w pracy Keilson (1966) do lematu.

W przypadku rozważanego systemu $L_s,M/G/1$ zmniejszaniu ilości miejsc w poczekalni towarzyszy zmniejszanie kosztu oczekiwania przy jednoczesnym zmniejszaniu się przychodu.

L I T E R A T U R A

(1) Crabill T. B., Gross D., Magazine M.J. (1977) Classified Bibliography of Research on Optimal Design and Control of Queues. Operations Res. Vol. 25, No.2 ,ss 219-232.

(2) Deb R. K., Serfozo R.F. (1973) Optimal Control of Batch Service Queues. Advances Appl. Probability, Vol.5, ss. 340-361

(3) Kosten L. (1979) Stochastic Theory of Service Systems. Pergamon Press, New York, s. 119.

(4) Weiss H. (1979) The Computation of Optimal Control Limits for a Queue with Batch Services. Mang. Sci. 25 ,ss. 320-328

(5) Stanek S. (1986) Grupowe systemy masowej obsługi. Praca doktorska ,SGPiS.

(6) Королюк В., Тырбин А. (1976) Полумарковские процецы и их приложения. Kijów.

(7) Stanek S. (1982) System masowej obsługi typu M-grup/G/1 w momentach zakończenia obsługi. Przeg. Stat. RXXIX, 3/4.

(8) Neuts M. (1967) A general class of bulk queues with Poisson input, Ann. Math. Stat. 38, ss759-769.

(9) ________ (1979) Queues solvable without Rouche theorem. Operations Res. 27.

(10) Keilson J. (1966) The ergodic queue length distributions for queueing systems with finite capacity. J. Roy. Stat. Soc. B28.

L I T E R A T U R A

(1) Crabill T. B., Gross D., Magazine M. J. (1977) A Classified Bibliography of Research on Optimal Design and Control of Queues. Operations Res. Vol. 25, No. 2, pp. 219–232.

(2) Deb R. K., Serfozo R. F. (1973) Optimal Control of Batch Service Queues. Advances Appl. Probability 5, 340–361.

(3) Kosten L. (1973) Stochastic Theory of Service Systems. Pergamon Press, New York 1973.

(4) Weiss H. J. (1979) The Computation of Optimal Control Limits for a Queue with Batch Services, Manag. Sci. 25, 320–328.

(5) [illegible] (1984) [illegible] Praca doktorska, [illegible]

(6) Королюк В., Турбин А. (1976) Полумарковские процессы [illegible]

(7) [illegible] (1982) Systemy masowej obsługi [illegible] zastosowania [illegible] XXIX, 5/6.

(8) Neuts M. (1967) A general class of bulk queues with Poisson input. Ann. Math. Stat. 38, 759–770.

(9) ______ (1979) Queues solvable without Rouché's theorem. Operations Res. 27.

(10) [illegible] (1966) The ergodic queue length distributions for queueing systems with finite capacity. J. Roy. Stat. Soc. B28.

Zarząd

Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych

Prezes

prof.dr hab.inż. Andrzej Straszak
Instytut Badań Systemowych PAN

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Jan Stasierski
Wojskowa Akademia Techniczna

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Stanisław Piasecki
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz generalny

dr inż. Zbigniew Nahorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz

dr inż. Jarosław Sikorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Skarbnik

dr inż. Andrzej Kałuszko
Instytut Badań Systemowych PAN

Członkowie

prof.dr hab. Jerzy Kisielnicki
Wydział Zarządzania UW

doc.dr hab.inż. Bohdan Korzan
Wojskowa Akademia Techniczna

doc.dr hab.inż. Jan Stachowicz
Zakład Nauk Zarządzania PAN

doc.dr hab.inż. Maciej Sysło
Instytut Informatyki UWr.

Komisja rewizyjna

PRZEWODNICZĄCY

dr Władysław Świtalski
Katedra Cybernetyki i Badań Operacyjnych UW

CZŁONKOWIE

dr inż. Janusz Kacprzyk
Instytut Badań Systemowych PAN

dr inż. Marek Malarski
Instytut Transportu PW

doc.dr hab.Henryk Sroka
Akademia Ekonomiczna w Katowicach

dr inż. Leon Słomiński
Instytut Badań Systemowych PAN

PION III