PAWEŁ MĄCZKA

KOMPUTEROWA SYMULACJA DZIAŁANIA SIECIOWYCH SYSTEMÓW OBSŁUGI MASOWEJ

1. Wstęp

O systemie masowej obsługi mówimy wówczas, gdy z jednej strony mamy do czynienia z napływającymi w miarę upływu czasu zgłoszeniami wymagającymi obsługi, a z drugiej strony z aparatami, urządzeniami lub instytucjami mogącymi świadczyć tę usługę; przy czym słowo „usługa" ma tutaj szerokie znaczenie. Usługą w znaczeniu teorii kolejek może być tak obsługa klientów przez kasy w SAM-ie, jak i działalność służb naziemnych lotniska umożliwiających lądowanie samolotu na pasie startowym, naprawa maszyny, połączenie telegraficzne lub obróbka detalu na obrabiarce. Sam proces obsługi może być bądź prosty, jak np. proces obsługi klientów przez kasę w banku, bądź złożony, np. proces obróbki 1 detalu na poszczególnych maszynach. W skrajnym przypadku proces obsługi może przybrać postać wielu faz z licznymi równoległymi kanałami obsługi. System taki nazywa się sieciowym. Przykładem sieciowego systemu obsługi może być stacja obsługi samochodów, w przypadku gdy proces naprawy samochodów polega na przejściu pojazdu przez wiele oddziałów (diagnostyka, wymiana oleju, ustawienie świateł itp.), a każdy oddział dysponuje kilkoma stanowiskami jednego rodzaju obsługi. Artykuł porusza problem badania, oceny sprawności i optymalizacji takiego typu systemów. Rozważania matematyczne dotyczące systemów obsługi fazowej są pojęciowo proste, ale prowadzą do dość skomplikowanych wyrażeń, nawet gdy liczba faz jest niewielka. Dlatego przedstawiono pomysł symulacji działania takich systemów.

2. Model sieciowego systemu obsługi masowej

Rozważając teoretyczny model systemu fazowego, przyjmuje się, że rozkład wejścia do systemu jest losowy ze średnią liczbą klientów, przybywających w jednostce czasu, równą λ, a rozkład czasów obsługi jest wykładniczy ze

średnią $\frac{1}{\mu}$ w i-tej fazie. Klient opuszczający kolejną fazę dołącza się do kolejki czekających na obsługę w następnej fazie albo jest obsłużony w tej fazie bez czekania, jeśli kolejki nie ma. Zatem wejście do każdej z faz, z wyjątkiem pierwszej, jest wyjściem z fazy poprzedniej. Powstaje pytanie, czy te wejścia są losowe. Przy przyjętych założeniach o wyjściu i rozkładach czasów obsługi odpowiedź jest twierdząca.

Teoria procesów stochastycznych pomaga w wyjaśnieniu działania systemów masowej obsługi. W systemie masowej obsługi występują zmienne losowe:

τ_1 – czas upływający między przyjęciem przez system dwóch kolejnych zgłoszeń;

τ_2 – czas obsługi jednego zgłoszenia przez kanał obsługi.

Poza tym system jest określony przez parametry:

s – liczba kanałów obsługi,

R – liczebność obsługiwanej populacji,

L – liczba miejsc w kolejce,

d – dyscyplina obsługi (FCFS, LCFS, SIRO).

W przypadku systemów prostych (s równoległych aparatów) wymienione parametry wraz z rozkładami zmiennych τ_1 i τ_2 wyczerpująco opisują system. Opis systemu złożonego może być jeszcze uzupełniony o schemat procesu obsługi.

Zmienne τ_1 i τ_2 mogą przykładowo charakteryzować się funkcjami gęstości:

$$f(t)=\begin{cases}\lambda e^{-\lambda t}, & \text{dla } t\geqslant 0,\\ 0, & \text{dla } t<0 \quad \text{(rozkład wykładniczy)},\end{cases}$$

$$f(t)=\begin{cases}\dfrac{\lambda}{(k-1)!}(\lambda t)^{k-1}e^{-\lambda t}, & \text{dla } t\geqslant 0,\\ 0, & \text{dla } t<0 \quad \text{(rozkład Erlanga rzędu } k)\end{cases}$$

lub innymi (np. rozkład deterministyczny, z równymi odstępami czasu). System może zawierać $1\leqslant s\leqslant\infty$ aparatów obsługi. Założenie o nieskończonej liczbie aparatów obsługi ma charakter czysto teoretyczny i odnosi się do przypadku bardzo dużej liczby aparatów obsługi. Obsługiwana populacja może być (gdy chodzi o liczebność) skończona lub nieskończona. Przykładem pierwszej może być populacja studentów danego wydziału (potencjalnych klientów dziekanatu). Nieskończona populacja przyjmowana jest teoretycznie dla dużej liczby możliwych klientów. Bardzo istotnym parametrem jest limit kolejki. Kolejka może być ograniczona lub nie. W przypadku gdy kolejka klientów czekających na obsługę nie może przekroczyć założonej długości, mówi się o systemie ze stratami. W przypadku systemów fazowych ograniczona kolejka wywołuje zjawisko zwane blokowaniem się faz. Polega ono na tym, że jeśli kolejka do

danej fazy osiągnęła limit, a w poprzedniej fazie zakończy się obsługa, to klient nie może przejść do danej fazy i blokuje stanowisko. Ostatnim parametrem jest sposób wyboru klientów z kolejki do obsługi. Można wybierać do obsługi pierwszego, który przyszedł (FCFS), ostatniego, który przyszedł (LCFS) oraz wybierać klientów do obsługi przypadkowo (SIRO).

W celu symbolicznego zapisu przedstawionych wyżej parametrów można skorzystać z notacji Kendalla, który przyjął następujące oznaczenia typów rozkładów:

M – wykładniczy,
D – deterministyczny,
E_k – Erlanga rzędu k,
G – dowolny,
GI – dowolne, niezależne od siebie.

Wówczas np. system z poissonowskim procesem zgłoszeń, wykładniczym rozkładem czasu obsługi, jednym kanałem obsługi, zwykłą kolejką, nieskończoną populacją i nieskończoną kolejką oznaczamy symbolicznie: (M/M/1 : (FCFS/∞/∞).

Według notacji Kendalla zajmiemy się dalej rodziną systemów masowej obsługi postaci:

$$\{(\mathrm{M/M}/s_1):(\mathrm{FCFS}/\infty/L_1),\ldots,(\mathrm{M/M}/s_n):(\mathrm{FCFS}/\infty/L_n)\},$$

gdzie:

s_i – liczba aparatów w i-tej fazie,
L_i – limit długości kolejki w i-tej fazie.

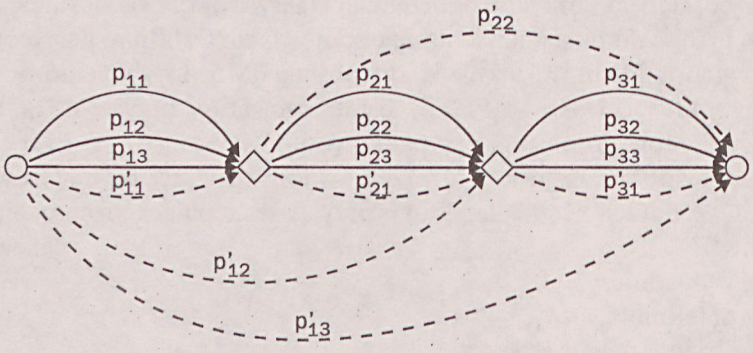
System taki składa się z ciągu n sprzężonych faz.

W celu łatwiejszego zrozumienia przebiegu procesu obsługi w systemie sieciowym można skorzystać z idei typologizacji zdarzeń w sieci alternatywno-stochastycznej. Łuki ciągłe w sieci oznaczają „przejście" klienta przez kanał obsługi, czyli obsługę. Łuki przerywane oznaczają analogicznie do sieci klasycznej fikcyjną obsługę, czyli, w naszym przypadku, pominięcie jednej lub więcej faz. Jest tak w przypadku, gdy na dany rodzaj obsługi klient nie zgłosił zapotrzebowania. System o wymiarach 3×3 (3 fazy w każdej po 3 kanały obsługi) można przedstawić jak na rysunku 1 (str. 108); $p_{i,j}$ – jest częstością, z jaką klienci korzystają z danego rodzaju obsługi.

Teoria procesów stochastycznych dostarcza nam rozbudowanego aparatu matematycznego, nadającego się do opisu systemów stacjonarnych.

Przyjmujemy dalsze oznaczenia:

N – liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie,
ξ – liczba zgłoszeń oczekujących w kolejce na obsługę (długość kolejki),
η – liczba wolnych aparatów obsługi,
W – czas oczekiwania zgłoszenia na rozpoczęcie obsługi,
Z – czas pobytu zgłoszenia w systemie.



Rys. 1. Schemat sieciowy

Jeżeli przez e_k oznaczymy prawdopodobieństwo zdarzenia, że w systemie znajduje się k zgłoszeń, to rozkłady prawdopodobieństwa i wartości oczekiwane trzech pierwszych ze zdefiniowanych wyżej zmiennych losowych są określone następująco:

$$P(N=k)=e_k, \qquad k=0,1,\ldots, s+L,$$

$$E(N)=\sum_{k=1}^{s+L} ke_k,$$

$$P(\xi=k)=P(N=s+k)=e_{s+k}, \qquad k=0,1,\ldots, L,$$

$$E(\xi)=\sum_{k=1}^{L} ke_{s+k},$$

$$P(\eta=k)=P(N=s-k)=e_{s-k}, \qquad k=0,1,\ldots, s,$$

$$E(\eta)=\sum_{k=1}^{s} ke_{s-k}=\sum_{k=0}^{s-1}(s-k)e_k.$$

Między wartościami oczekiwanymi zachodzą następujące związki:

$$E(N)-E(\xi)+E(\eta)=s,$$

$$E(Z)=E(W)+E(\tau_2),$$

$$E(\xi)=E(W)+E(\tau_1).$$

Przyjmując, że ρ oznacza intensywność ruchu i jest ilorazem $\rho=\frac{\lambda}{\mu}<1$, można wykazać, że wyżej wymienione wartości oczekiwane dla systemu (M/M/1):(FCFS/∞/∞) otrzymujemy ze wzorów:

$$E(N)=\frac{\rho}{1-\rho}, \qquad E(\xi)=\frac{\rho^2}{1-\rho}, \qquad E(\eta)=1-\rho, \qquad E(W)=\frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}.$$

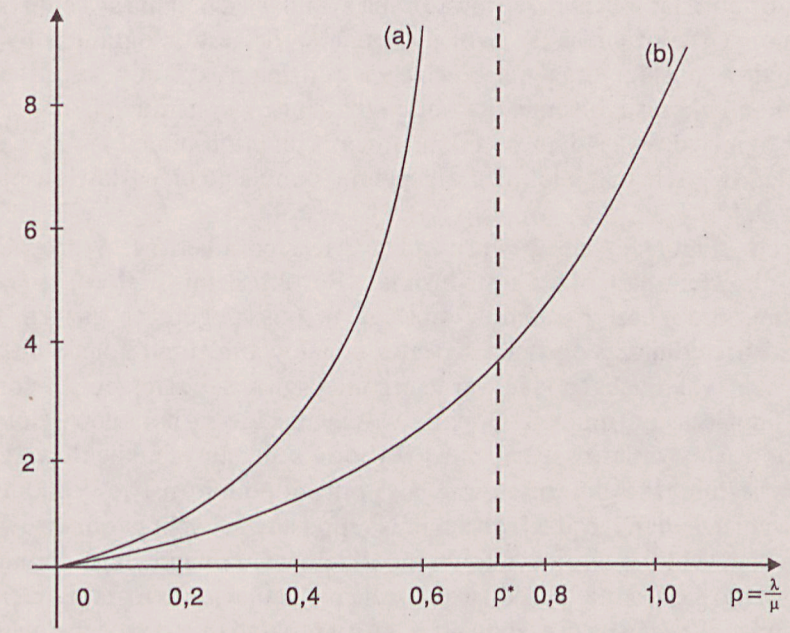
W przypadku zwiększenia liczby kanałów, faz, ograniczenia długości kolejki wzory się komplikują. Jeśli kanały obsługi ustawić w szereg odpowiadający pewnym fazom obsługi oraz ograniczyć rozmiary kolejki do każdej fazy, to spotykamy się ze zjawiskiem blokowania się faz. Polega ono na tym, że gdy klient zostanie obsłużony w kolejnej fazie (pod warunkiem, że nie jest to faza ostatnia), a kolejka do następnej fazy osiągnęła limit, wtedy klient blokuje stanowisko. Stanowisko jest blokowane tak długo aż nie zwolni się kanał obsługi w następnej fazie. Status zablokowanego kanału obsługi podobny jest do statusu kanału zajętego, tzn. inny klient nie może go zająć, jednak kanał nie jest wykorzystywany. Efektem blokowania jest zwiększenie prawdopodobieństwa zdarzenia, że poprzednie fazy osiągną maksymalną liczebność. Ograniczenie kolejki w tym wypadku powoduje zmniejszenie intensywności ruchu w sensie $\rho=\frac{\lambda}{\mu}$.

Dla modelu fazowego z ograniczoną kolejką można wprowadzić nowy parametr: średni czas blokowania kanału μ_b. Po dodaniu do μ_b średniego czasu obsługi μ_s powstaje rzeczywisty średni czas obsługi:

$$\mu=\mu_s+\mu_b.$$

w rezultacie:

$$\rho=\frac{\lambda}{\mu_s}>\frac{\lambda}{\mu}=\rho^*.$$



Rys. 2. Wykres zależności $E(\xi)$ od ρ

W ten sposób następuje ograniczenie intensywności ruchu, rodzaj wąskiego gardła. Intensywność ruchu osiąga swoją granicę ρ^*. Zjawisko to ilustruje krzywa (a) na rysunku 2. System z kolejką nie ograniczoną przedstawia krzywa (b).

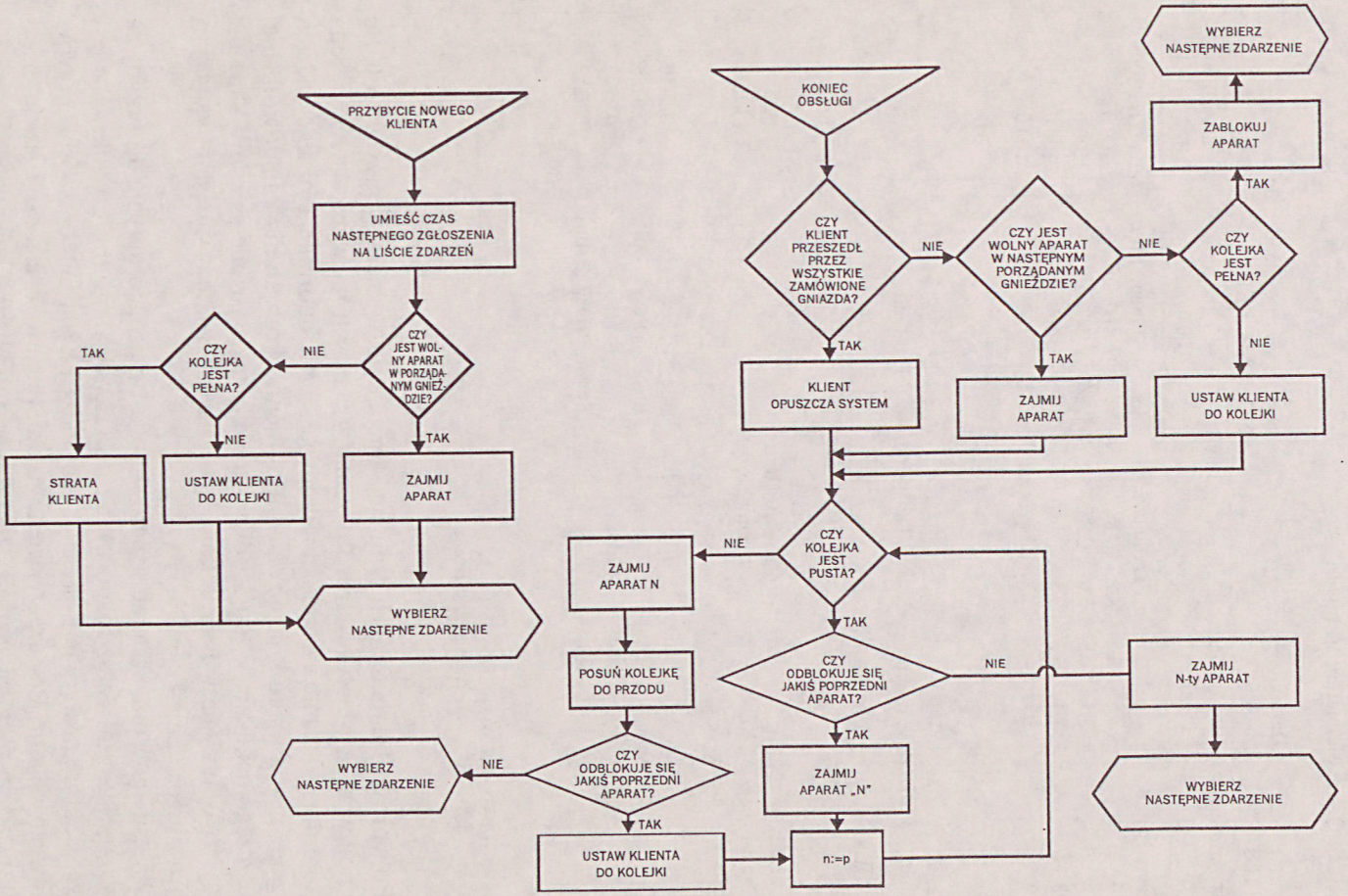
Każdą fazę w systemie sieciowym można interpretować jako zbiór kanałów tego samego rodzaju obsługi. Na przykład ten sam rodzaj obróbki detalu w procesie produkcji lub tego samego rodzaju czynności związane z przeglądem i naprawą samochodów na stacji obsługi. Ponieważ oddany do naprawy samochód nie wymaga obsługi na wszystkich stanowiskach, a korzysta tylko z wybranych, więc proces obsługi zależy od dodatkowej zmiennej losowej. Zjawisko to opisuje wielowymiarowa zmienna o zerojedynkowych rozkładach brzegowych. Realizacją takiej zmiennej jest wektor zer i jedynek gdzie i-ty element oznacza wybór i-tego rodzaju obsługi w i-tej fazie. Przez wybrane fazy klient przechodzi po kolei i wymaga obsługi przez dowolny aparat w danej fazie, tzn. aparaty przydzielane są w sposób przypadkowy. Gdy limit kolejki do pierwszej z faz zostanie osiągnięty, klient rezygnuje z obsługi.

3. Konstrukcja symulatora

Symulator powstał w celu przeprowadzenia symulacji działania systemu o wyżej wymienionych założeniach. W swojej wstępnej wersji jest on ograniczony liczbą faz, kanałów obsługi oraz markowowską rodziną rozkładów czasu między zgłoszeniami i czasu obsługi. Rozmiary badanego systemu nie mogą przekraczać 6 gniazd, w każdym po 6 kanałów obsługi (lub mniej).

Poglądowy schemat blokowy algorytmu symulacji przedstawiony jest na rysunku 3.

W celu symulacji należy wprowadzić wiele parametrów. Wprowadzanie danych ułatwione jest przez system okien. Po określeniu liczby faz, zwanych gniazdami, oraz liczby kanałów obsługi w poszczególnych fazach należy wprowadzić średni czas obsługi każdego z kanałów oraz limit kolejki do każdej z faz. Poza tym trzeba podać parametr intensywności zgłoszeń λ, jednostkę czasu i limit czasu symulacji. Dodatkowo wymagane są parametry dotyczące rozkładu wielowymiarowej zmiennej wyboru potrzebnych klientowi gniazd. Każdą z liczb można zinterpretować jako prawdopodobieństwo $\times 100$ tego, że klient wybierze dany rodzaj obsługi. Na podstawie tych parametrów będą generowane wektory zerojedynkowe zapotrzebowania na obsługę dla każdego zgłaszającego się klienta. Przed rozpoczęciem symulacji warto zapisać dane na dysku oraz określić nazwę zbioru, w którym składany będzie pełny raport z przebiegu symulacji.



Rys. 3. Schemat blokowy Algorytmu symulacji

Program: Queue Simulation V. 1.0 Written by Pawel Maczka

Data file	Report file
A:\TEST.DAT	NONAME.REP

Nests number	Lambda	Time units	Time limit	Data From
4	15.00	Hours	100.0	0.0

Servers Number	μ Parameters	Queue Max	Use/100
4	3.5 6.5 4.2 7.8	100	100.0
6	3.3 4.8 3.6 2.8 5.1 3.5	100	100.0
3	7.4 6.5 3.5	100	100.0
6	3.7 4.3 3.2 4.7 2.8 2.9	100	100.0

F1-Help F3-DOS F6-Go Alt_α, Tab-Windows Esc-Quit

Visual Report

Current time: 6.364270 Hours
Next event: End of serving Servers:

Nests	Queue	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Utilization:
1.	0	Idle	Idle	Idle	Idle			0.5940
2.	0	Busy	Busy	Idle	Busy	Busy	Idle	0.6236
3.	0	Busy	Idle	Busy				0.7790
4.	4	Busy	Busy	Busy	Busy	Busy	Busy	0.6259

F3-DOS F8-Step 'G'-Run Esc-Break

Po wprowadzeniu danych symulację inicjuje się, wybierając przycisk F6. Po tym pojawia się właściwa strona symulatora, na której wyprowadzane będą niektóre dane o stanie systemu, a mianowicie: czas, informacja jakiego rodzaju zdarzenie nastąpi jako kolejne i średni stopień wykorzystania kanałów obsługi w poszczególnej fazie. W poglądowy sposób przedstawione są stany kanałów obsługi (wolny, zajęty i zablokowany). Dla każdej fazy prezentowana jest bieżąca długość kolejki.

Dla zainicjowania systemu generowany jest czas, jaki upłynie do przybycia pierwszego klienta. Teraz rozpoczyna się właściwy algorytm. Poszukiwane jest zdarzenie, które nastąpi najwcześniej. Na początku jest nim oczywiście przybycie nowego klienta. Przed przyjęciem go do systemu generowany jest interwał czasu, po którym zgłosi się do systemu następny klient. Generacja odbywa się na podstawie podanego parametru intensywności zgłoszeń i jest zgodna z rozkładem wykładniczym. Następnie generowany jest wektor zapotrzebowa-

nia przybyłego klienta na obsługę, tzn. wektor zer i jedynek, i umiejscawiany w pierwszej z pożądanych faz. To znaczy generowany jest czas jego obsługi na podstawie rozkładu wykładniczego z podanym parametrem dla zajmowanego aparatu. Teraz poszukiwane jest kolejne zdarzenie. Jeśli jest nim przybycie nowego klienta, to powtarza się generacja jego zapotrzebowania na obsługę oraz generacja kolejnego interwału i klient umieszczany jest w systemie. Jeśli kolejnym zdażeniem jest koniec obsługi na dowolnym z kanałów, to w zależności od wektora zapotrzebowania klient przechodzi do następnej z faz lub wychodzi z systemu. W obu przypadkach zwalnia zajmowany kanał, chyba że kolejka do następnej z potrzebnych faz jest pełna. Wtedy stanowisko jest blokowane. Zwolniony kanał zajmuje następny klient w kolejce, a jeśli żaden klient w kolejce nie oczekuje, kanał jest zwalniany. Gdy kolejka jest pełna, wtedy po wprowadzeniu pierwszego klienta do kanału obsługi sprawdza się, czy nie ma w którejś z poprzednich faz zablokowanego stanowiska z powodu pełnej kolejki do tej fazy. Jeśli tak, to stanowisko jest odblokowywane i klient przechodzi dalej.

4. Charakterystyki systemu

Symulacja kończy się po osiągnięciu wyznaczonego limitu czasu. Wtedy generowany jest pełny raport z przebiegu symulacji, który dostępny jest w pliku o nazwie określonej przez użytkownika. Zawiera on następujące charakterystyki i informacje dotyczące symulacji:

1) Czas symulacji.
2) Liczbę klientów
   - przybyłych do systemu,
   - którzy opuścili system obsłużeni,
   - którzy trafili na pełną kolejkę do pierwszej z potrzebnych faz i odeszli nie obsłużeni.
3) Sumaryczną średnią czasu pobytu klientów w systemie i we wszystkich kolejkach razem oraz dla każdej fazy:
   - średni czas pobytu klienta w fazie (w nawiasie liczbę klientów, którzy opuścili fazę obsłużeni),
   - średni czas pobytu klienta w kolejce (w nawiasie liczbę klientów, którzy opuścili kolejkę).
4) Minimalną, maksymalną i końcową długość kolejki do każdego z gniazd.
5) Wykorzystanie kanałów obsługi będące ilorazem czasu, w którym były zajęte (nie wolne i nie zablokowane) do całkowitego czasu działania systemu.

Full Report of Simulation

Total time: 100.031 Hours
Number of customers arrived to system = 1510
Number of customers served in system = 1482
Number of customers lost = 0

I. For Queues.

I. a Global.

Average time a customer in the system = 1.302
Average time a customer in all queues = 0.403

I.b For Nests.

Average time a customer in 1st nest = 0.245 (1504)
Average time a customer in queue to 1st nest = 0.062 (1508)
Average time a customer in 2nd nest = 0.287 (1496)
Average time a customer in queue to 2nd nest = 0.023 (1502)
Average time a customer in 3rd nest = 0.442 (1492)
Average time a customer in queue to 3rd nest = 0.272 (1495)
Average time a customer in 4th nest = 0.328 (1482)
Average time a customer in queue to 4th nest = 0.046 (1488)

Queue:	Current Lenght:	Min Lenght:	Max Lenght:
1st	2	0	13
2nd	2	0	10
3rd	1	0	27
4th	4	0	13

II. For Servers.

Utilization of servers:

1. nest:						
Servers:	1.	2.	3.	4.		
	0.75	0.65	0.73	0.63		
2. nest:						
Servers:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	0.68	0.62	0.65	0.75	0.58	0.68
3. nest:						
Servers:	1.	2.	3.			
	0.82	0.84	0.87			
4. nest:						
Servers:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	0.68	0.68	0.71	0.68	0.72	0.72

End

Nie ma wyraźnego kryterium, które określałoby, od kiedy system znajduje się w okresie stacjonarnym, dlatego należy obrać taki limit czasu symulacji, aby parametry pod koniec symulacji były stabilne dla danej granicy. Warunkiem zbieżności jest, aby λ była mniejsza od największej sumy intensywności obsługi μ w poszczególnych fazach.

Dzięki wygenerowanym charakterystykom można dokonać oceny systemu według kryteriów odzwierciedlających interesy użytkowników i właścicieli. A oto trzy przykłady idei tworzenia takich kryteriów.

1) W przypadku gdy użytkownikowi systemu zależy na minimalizacji czasu pobytu klientów w systemie. Może to zachodzić, gdy systemem obsługi jest brygada remontowa, a klientami uszkodzone maszyny. Wtedy użytkownikowi zależy na jak najszybszym powrocie maszyn do pracy. Funkcję kosztu zależną od liczebności brygady remontowej można przedstawić następująco:

$$f(n)=\beta(n)+\alpha * E_n(Z).$$

Pierwszy składnik to koszt utrzymania brygady remotowej n osobowej, a drugi to koszt przestoju maszyn.

2) W innym przypadku użytkownikowi może zależeć na maksymalizacji liczby obsłużonych klientów, z czym może łączyć się zysk z zawarcia kontraktu. Wtedy funkcja celu przybiera postać:

$$f(n)=\beta(n)+\alpha * E_n(\xi)-\alpha * n * E_n(N-\xi).$$

Pierwszy składnik interpretuje się tak jak wyżej, drugi to strata z nieobsłużenia klientów oczekujących w kolejce, a trzeci to zysk z zawarcia kontraktu z klientami właśnie obsługiwanymi.

3) W przypadku gdy użytkownikowi zależy na tym, aby np. średni czas oczekiwania w kolejce nie przekraczał danej wielkości t_0:

$$E_n(W)\leqslant t_0$$

lub aby średnia długość kolejki nie przekraczała danej wielkości h_0:

$$E_n(\xi)\leqslant h_0,$$

gdzie: β_n – koszt utrzymania n kanałów,
α – koszt przestoju maszyny lub zysk z zawarcia kontraktu,
n – liczba kanałów w systemie.

Na podstawie tak sformułowanych kryteriów można przymierzyć się do ulepszenia badanego systemu, kierując się wygenerowanymi w trakcie symulacji charakterystykami. Można wykorzystać w tym celu parametr obciążenia

6.96. s. 88
5.87 s 11

 6.15

kanałów obsługi i dodać jeden kanał do fazy, która jest bardziej obciążona, zmniejszając w ten sposób kolejkę, czyli czas oczekiwaniai pobytu w systemie, lecz tym samym ponosząc koszty utworzenia i eksploatacji jeszcze jednego kanału.

5. Uwagi końcowe

Symulator pozwala na zbadanie kilku wariantów badanego systemu. Wprowadzając zmiany w strukturze systemu, można szybko przeprowadzić kilka eksperymentów i wybrać wariant, który uzyskał najlepsze parametry, tzn. ma własności najbardziej zbliżone do naszych oczekiwań.

Poza pewnymi wartościami użytkowymi symulator może mieć zastosowanie dydaktyczne na zajęciach z przedmiotu „Badania operacyjne". Zdecydowanym ograniczeniem jest to, że system musi być systemem Markowskim. W przyszłości przewiduje się dodanie możliwych innych rozkładów oraz powiększenie liczby parametrów wyjściowych, szczególnie tych, które związane są ze zjawiskami blokowania się faz oraz interwałów czasowych wyjścia obsłużonych klientów.

Lieteratura

[1] **Björck A, Dahlquist G.**, Metody numeryczne, PWN, Warszawa 1987.
[2] **Fishman G. S.**, Symulacja komputerowa, PWE, Warszawa 1981.
[3] **Goddard L. S.**, Metody matematyczne w badaniach operacyjnych, PWN, Warszawa 1986.
[4] **Koźniewska I., Włodarczyk M.**, Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi, PWN, Warszawa 1978.
[5] **Saaty T. L.**, Elements of Queueing Theory, McGraw-Hill 1961. Taha Operations Research.
[6] **Wagner H.**, Badania operacyjne, PWE, Warszawa 1980.

BIBLIOTEKA AE w Poznaniu

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
AKADEMII EKONOMICZNEJ
217239
001-217239-00-0

AKADEMIA EKONOMICZNA
Zeszyty Naukowe – Seria I

Ostatnio ukazały się następujące prace:

- Prace z zakresu gospodarki przestrzennej i ochrony środowiska, pod red. **R. Domańskiego**, ZN s. I nr 204, s. 150
- [illegible] ne i etyczne aspekty życia gospodarczego, pod red. **M. Szczepańskiego**, ZN s. I nr 2[illegible], s. 72
- Strategia zarządzania przedsiębiorstwem, pod red. **K. Krzakiewicza**, ZN s. nr 208, s. 79
- Problemy organizacji i zarządzania w procesie przekształceń własnościowych, pod red. **J. Majchrzak**, ZN s. I nr 209, s. 63
- Prace z zakresu towaroznawstwa i chemii. Studies in commodity science and chemistry, pod red. **A. Kostołowej i J. Skolika**, ZN s. I nr 210, s. 112

W druku znajdują się:

- Prace z zakresu gospodarki przestrzennej, pod red. **R. Domańskiego**, ZN s. I nr 206
- Prace z zakresu teorii organizacji i zarządzania, pod red. **K. Krzakiewicza**, ZN s. I nr 214
- Instrumenty wspomagające zarządzanie w przedsiębiorstwie, pod red. **I. Mo[illegible]dla**, ZN s. I nr [illegible]

Książki można nabyć w PHU „EDUK[illegible] w Poznaniu, 60-967 Poznań, al. Niepodległ[illegible] w BHU „INTER-ALMA" (wieżowiec AE, I pię[illegible] Wielkopolskich 16, tel. 52-12-53).

Prenumeratę prowadzi: [illegible]PAN (Pałac K[illegible] tel. 200-211 w. 23-16) i ARS POLONA (03-93[illegible]

Sprzedaż wysyłkowa: Wydawnictwo Aka[illegible] 60-967 Poznań, ul. Powstańców Wielkopols[illegible]