ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: TRANSPORT z. 52 Nr kol. 1621

Andrzej CHYBA[1]

# ANALIZA PRACY KOLEJOWYCH KAS BILETOWYCH JAKO SYSTEMU MASOWEJ OBSŁUGI

**Streszczenie.** W artykule omówiono wyniki badań pracy kas biletowych, traktowanych jako system masowej obsługi, na wybranym dworcu kolejowym. Scharakteryzowano strukturę systemu i jego specyfikę. Dokonano identyfikacji zmienności strumieni zgłoszeń pasażerów do kas oraz czasów ich obsługi.

# ANALYSIS OF BOOKING OFFICE WORK AS A QUEUING SYSTEM

**Summary.** The results of investigation on the work of booking offices treated as a queuing system at selected railway station has been presented in the paper. The structure of the system and its specificity have been distinguished. The nature of variability of passengers' input flows to booking offices and time services have been presented.

## 1. WPROWADZENIE

Do najistotniejszych elementów wyposażenia każdego dworca kolejowego należą kasy biletowe. Umożliwiają one pasażerom zawarcie z przewoźnikiem umowy o przewóz. Są więc elementem, który obsługuje większość pasażerów. Obserwowane kolejki przed okienkami kasowymi, choć dzisiaj ich skala jest już mniejsza niż jeszcze przed kilkoma laty, skłaniają do analizowania uwarunkowań pracy kas i poszukiwania możliwości usprawnienia funkcjonowania tego systemu.

Niniejsza praca przedstawia analizy związane z formułowaniem modelu pracy kas biletowych, który w dalszym etapie doprowadzony do postaci symulatora pozwoliłby racjonalnie kształtować system kas biletowych na istniejących lub projektowanych dworcach.

Przyjęto założenie, że system kas biletowych będzie traktowany jako system masowej obsługi.

## 2. STRUKTURA I SPECYFIKA SYSTEMU MASOWEJ OBSŁUGI ODWZOROWUJĄCEGO PRACĘ KAS BILETOWYCH

Patrząc na kasy biletowe przez pryzmat wiedzy o systemach masowej obsługi (SMO), można proces sprzedaży biletów potraktować jako pracę takiego systemu, ponieważ występują podstawowe jego cechy, takie jak:

- masowość obsługi wynikająca z dużej liczby pasażerów korzystających z okienek kasowych,

[1] Zakład Organizacji i Ekonomiki Transportu, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. (+48 12) 6495944, achyba@mech.pk.edu.pl

- powtarzalność obsługi,
- losowość zgłoszeń.

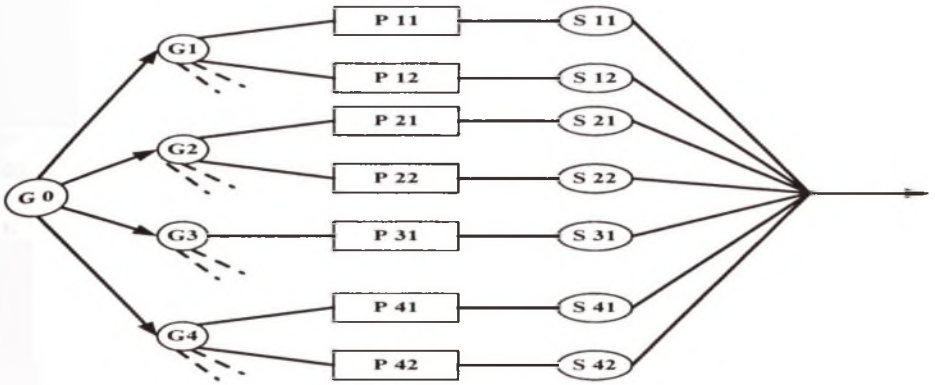
Można też łatwo wyróżnić stanowiska obsługi, poczekalnie i poszczególne zgłoszenia, a więc klasyczne elementy każdego SMO. Przez zgłoszenie jest rozumiane żądanie pasażera sprzedaży biletu przez kasjera. Wydawanie podróżnemu biletu oznacza pracę stanowiska obsługi zlokalizowanego fizycznie w okienku kasowym określonego typu, a proces oczekiwania pasażerów na sprzedaż biletu będzie opisywany jako zachowanie się kolejki w umownej poczekalni przed kasą.

System masowej obsługi odwzorowujący pracę kas biletowych w większości przypadków będzie miał następujące cechy:
- kilka klas stanowisk obsługi wynikających ze specjalizacji okienek kasowych,
- w każdej klasie na większym dworcu występowanie kilku równoległych stanowisk obsługi tego samego typu,
- jednofazowa obsługa przez stanowisko obsługi (okienko kasowe),
- dekompozycja strumienia zgłaszających się pasażerów na tyle strumieni cząstkowych, ile jest klas stanowisk obsługi, gdyż poszczególne klasy stanowisk pracują zasadniczo niezależnie od siebie,
- skończony czas oczekiwania i obsługi oraz dopuszczalne straty oczekujących klientów (podróżni rezygnują niekiedy z kupna biletu i udają się do pociągu),
- generalnie regulamin kolejki typu FIFO [3], ale dopuszczalne są ograniczone priorytety (inwalidzi, osoby w podeszłym wieku, osoby bardzo spieszące się na pociąg),
- stanowiska obsługi ulegają awariom (obecnie zdarzenie już wyjątkowe).

Każde okienko kasowe można traktować jako prosty SMO złożony z poczekalni i jednokanałowego stanowiska obsługi. Stanowiska obsługi tej samej klasy (odpowiadające kasom o tej samej specjalizacji) stanowią pewien podsystem w całym modelu SMO. Podróżni zgłaszają się zasadniczo do obsługi przez określony podsystem kasowy. Nie obserwowano praktycznie znaczącego przechodzenia oczekujących pasażerów do kas innej klasy. Natomiast znaczące są sprzężenia między kolejkami przed kasami tego samego podsystemu. Można tu mówić o mechanizmie samoregulacji długości kolejek – kolejny przychodzący pasażer wybiera kasę, przed którą kolejka jest aktualnie najkrótsza w danym podsystemie, a także w trakcie oczekiwania pasażerowie z końca kolejki przechodzą między kolejkami, jeśli ich długość zaczyna się istotnie różnić. Jest to zjawisko bardzo specyficzne dla systemu kas biletowych.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat struktury złożonego SMO odwzorowującego system kas biletowych na dużych dworcach osobowych. Generator G0 reprezentuje łączny strumień zgłoszeń wszystkich pasażerów do kas biletowych. Ponieważ duże dworce mają kilka wejść i trudno je w sposób skoordynowany obserwować łącznie z dochodzeniem pasażerów do poszczególnych kas, wprowadzono w modelu cztery generatory pomocnicze do poszczególnych podsystemów kasowych, które łatwiej obserwować i analizować oddzielnie. Generator G1 reprezentuje strumień zgłoszeń do kas bez rezerwacji miejsc, generator G2 – strumień zgłoszeń do kas z rezerwacją i bez rezerwacji miejsc siedzących, generator G3 – strumień zgłoszeń do kas sprzedających miejsca sypialne i do leżenia, a generator G4 reprezentuje zgłoszenia do kas zagranicznych. Literą P oznaczono poczekalnie przed stanowiskami obsługi oznaczonymi literą S. Mechanizm rozpływu strumieni zgłoszeń do poczekalni przed stanowiskami obsługi opiera się na analizie długości kolejek w poczekalniach (preferencja najkrótszej kolejki).

Dla tak sformułowanej struktury SMO prowadzono obserwacje i analizy zmierzające do opisu procesu zgłoszeń i procesu obsługi pasażerów przez kasy biletowe. Obiektami poddawanymi obserwacjom były kasy biletowe dworca Kraków Główny Osobowy. Badania przeprowadzano w latach 1987, 1990 i 2001.




Rys. 1. Koncepcja struktury systemu masowej obsługi odwzorowującego pracę kas biletowych
Fig. 1. Conception of queuing system for projection of booking office work

## 3. STRUMIENIE ZGŁOSZEŃ DO KAS BILETOWYCH

Analizowano zgłaszanie się pasażerów do kas biletowych dla różnych przedziałów czasowych: w poszczególnych miesiącach roku, w poszczególnych dniach tygodnia oraz w kolejnych godzinach doby, a najwięcej uwagi poświęcono zmienności odstępów czasu między zgłoszeniami kolejnych pasażerów.

Liczba biletów jednorazowych sprzedawanych przez kasy w poszczególnych miesiącach ulega obecnie stosunkowo niewielkim wahaniom. Najwięcej biletów sprzedaje się w lutym, maju, lipcu, sierpniu i październiku. Są to przeważnie miesiące o zwiększonych wyjazdach rekreacyjnych. Najmniej biletów sprzedaje się w marcu i wrześniu, a więc miesiącach bezpośrednio następujących po feriach zimowych i wakacjach letnich. Z obserwacji na dworcu w Krakowie w 2001 roku [1] wynika, że różnica między liczba biletów sprzedanych w maju, miesiącu największej sprzedaży biletów w roku, a w marcu, czyli w miesiącu najmniejszych przewozów, wyniosła około 10%.

Obserwacje zmienności liczby sprzedawanych biletów w różnych latach prowadzą do spostrzeżenia, że przeważnie najwięcej biletów sprzedaje się w poniedziałki i piątki, a także w niedziele. W te dni sprzedawano o 20 – 30% biletów więcej niż w dni o najmniejszej sprzedaży, w środku tygodnia.

Obserwacje zmienności obciążenia kas w ciągu doby potwierdzają zasadniczo ogólnie znane prawidłowości o szczytach przewozowych – porannym i popołudniowym. Potwierdza to zwłaszcza liczbę biletów sprzedawanych w przedziałach godzinnych.

Należy odnotować wyraźne zmniejszenie się liczby sprzedawanych biletów przez kasę w ciągu doby – w roku 1990 na dworcu w Krakowie kasa wydająca bilety bez rezerwacji miejsc sprzedawała do 1500 biletów, a w 2001 roku kasa o podobnym przeznaczeniu sprzedawała już tylko do 900 biletów.

Odstępy czasowe między zgłoszeniami pasażerów do kasy biletowej są najważniejszą charakterystyką strumienia zgłoszeń z punktu widzenia budowy modelu SMO. Stąd identyfikacji odstępów czasowych między zgłoszeniami poświęcano zdecydowanie najwięcej miejsca. Odstęp czasowy między zgłoszeniami kolejnych pasażerów jest zmienną losową

ciągłą. Może on przybierać dowolne wartości liczbowe z przedziału liczb nieujemnych: 0 ... +∞. Wartości duże, teoretycznie możliwe, są mało prawdopodobne lub wręcz nieprawdopodobne.

Dla zgłaszania się pasażerów do kas w określonej porze dnia nie istnieje żaden plan, jakim jest np. rozkład jazdy pociągów, który narzucałby momenty zgłoszeń poszczególnych pasażerów bądź wprowadzał zgłoszenia równoodstępowe. Moment zgłoszenia się danego pasażera jest niezależny od innych zgłoszeń, a każdy z momentów zgłoszeń jest wynikiem działania wielkiej liczby niezależnych przyczyn. Strumienie zgłoszeń pasażerów do kas można uważać za łańcuchy zdarzeń losowych i nie powinno się oczekiwać skupiania wartości rzeczywistych odstępów między zgłoszeniami wokół pewnej wartości dominującej, ustalonej w planie zgłoszeń, który staramy się realizować, bo takiego planu nie ma.

Dla zidentyfikowania strumienia zgłoszeń do kas na analizowanych dworcach w każdej edycji obserwacji pracy kas zgromadzono wiele próbek o liczności przynajmniej 30 elementów. Dotyczą one różnych rodzajów kas, różnych dni i różnych pór w ciągu dnia. Niektóre z próbek dotyczące podobnych warunków zgłoszeń (podobna długość kolejki) połączono następnie razem, po pozytywnym zweryfikowaniu hipotezy, że dwie próbki pochodzą z tej samej populacji. Zastosowano przy tym test λ Kołmogorowa-Smirnowa [2] przyjmując poziom istotności $\alpha = 0{,}05$. Pozwalało to na uzyskanie bardziej licznych próbek.

Z wyników obserwacji strumieni zgłoszeń utworzono szeregi rozdzielcze z klasami o szerokości 10 sekund. Dla poszczególnych próbek zbudowano histogramy empirycznego rozkładu wartości odstępu czasowego między zgłoszeniami pasażerów do kas. Histogramy oraz obliczone wartości średnich odstępów z próby, odchyleń standardowych, a także parametru k rozkładu Erlanga były podstawą do formułowania hipotez o rozkładach teoretycznych odstępów między zgłoszeniami pasażerów do kas. Hipotezy te weryfikowano testem λ Kołmogorowa [2]. Dla niektórych próbek formułowano więcej hipotez, o różnych rozkładach odstępów czasowych, poszukując rozkładu o najmniejszej odchyłkach między dystrybuantą rozkładu empirycznego i hipotetycznego rozkładu teoretycznego.

Dla kas biletowych dworca w Krakowie badano odstępy między zgłoszeniami pasażerów do kas dwukrotnie – w roku 1990 i w roku 2001.

W roku 1990 analizie poddano 7 próbek tylko z dni roboczych. Ponieważ dla każdej z próbek obliczona wartość parametru $k_{emp}$ wynosiła około 2, to biorąc pod uwagę obraz histogramów odstępów sformułowano dla każdej próbki hipotezy o rozkładzie Erlanga z k=2 (Er2). W żadnym przypadku nie było podstaw do odrzucenia tej hipotezy. Dla dwóch próbek ponadto weryfikowano hipotezy alternatywne o rozkładzie wykładniczym (W) i rozkładzie Erlanga z $k_{teor}$= 3 (Er3). Również dla tych hipotez nie było podstaw do ich odrzucenia, a nawet wynik testu dla rozkładu wykładniczego był korzystniejszy niż przy tej samej próbce dla rozkładu Erlanga z $k_{teor}$=2. W tablicy 1 scharakteryzowano analizowane skumulowane próbki odstępów między zgłoszeniami do kas, formułowane hipotezy i wyniki ich weryfikacji.

Tablica 1

Wyniki testowania hipotez o typie rozkładu odstępów czasowych między zgłoszeniami pasażerów do kas biletowych – stacja Kraków, lipiec 1990 r.

| Rodzaj kasy | Okres obserwacji | Wartość średnia [s] | $k_{emp}$ | $k_{teor}$ | Hipoteza I | Hipoteza II |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bez rezerwacji miejsc | 8:00 – 10:00 | 34,3 | 2,3 | 2 | Er2 tak | |
| | 14:00-16:00 | 24,8 | 2,1 | 2 | Er2 tak | |
| | 19:00-21:00 | 68,0 | 1,5 | 2 lub **1** | Er2 tak λ=0,620 | **W tak** λ=0,434 |
| Z rezerwacją | 14:00-16:00 | 111,6 | 2,4 | **2** lub 3 | Er2 **tak** λ=0,287 | Er3 tak λ=0,604 |

Źródło: opracowanie własne

W ponownych badaniach pracy kas w 2001 roku przywiązywano mniejszą wagę do pory dnia i dni tygodnia, a kierowano się długością kolejki. Było to wynikiem spostrzeżeń z wcześniejszych badań, że wartość średnia odstępu między zgłoszeniami związana jest z długością kolejki – im dłuższa kolejka, tym mniejsze odstępy między zgłoszeniami. Postanowiono zatem oddzielnie analizować odstępy między zgłoszeniami dla trzech długości kolejki: 0 – 4, 4 – 8 i 8 – 12 osób. Dla pierwszych dwóch długości kolejek uzyskano po trzy próbki, a dla najdłuższych kolejek dwie próbki – zawierające 70 – 100 elementów.

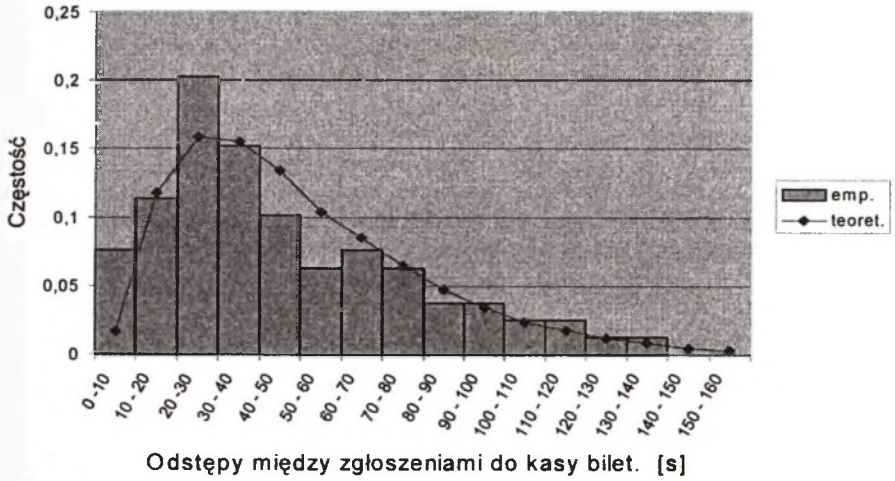
W tablicy 2 scharakteryzowano analizowane próbki odstępów między zgłoszeniami do kas, formułowane hipotezy i wyniki ich weryfikacji, a na rys. 2 przedstawiono przykład uzyskiwanych histogramów odstępu czasu między zgłoszeniami pasażerów do kas biletowych w 2001 roku.

Tablica 2

Wyniki testowania hipotez o typie rozkładu odstępów czasowych między zgłoszeniami pasażerów do kas biletowych – stacja Kraków, maj 2001 r.

| Rodzaj kasy | Długość kolejki [pas.] | Wartość średnia [sek.] | $k_{emp}$ | $K_{teor}$ | Hipoteza |
|---|---|---|---|---|---|
| Z rezerwacją i bez rezerwacji miejsc | 0 – 4 | 52,0 | 2,2 | 2 | Er2 tak |
| | 0 – 4 | 50,8 | 2,0 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 44,5 | 1,8 | 2 | Er2 tak |
| | 8 – 12 | 35,7 | 1,9 | 2 | Er2 tak |
| | 8 – 12 | 34,3 | 1,6 | 2 | Er2 tak |
| Bez rezerwacji miejsc | 0 – 4 | 49,1 | 1,9 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 45,9 | 2,1 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 46,8 | 2,2 | 2 | Er2 tak |

Źródło: opracowanie własne




Rys. 2. Przykład zmienności odstępów czasu między zgłoszeniami pasażerów do kolejki przed kasą biletową sprzedającą bilety bez rezerwacji miejsc, Kraków Gł., maj 2001

Fig. 2. Variability of interarrival time in front of the booking office selling the festival seating, Krakow Gł., May, 2001

Z tablicy 2 wynika, że jeśli pasażerowie kupujący bilety bez miejscówek, a tych jest zdecydowana większość, mogą nabywać je w dowolnej kasie, to odstępy między zgłoszeniami do kas różnych rodzajów się zrównują. Wcześniej, przy specjalizacji kas, występowały duże różnice w odstępach czasowych zgłoszeń do kas z rezerwacją miejsc i bez rezerwacji, co uwidacznia tablica 1.

Do wszystkich rozkładów empirycznych odstępów między zgłoszeniami pasażerów do kas uzyskanych z próbek w 2001 roku postawiono hipotezy o rozkładzie Erlanga z parametrem k = 2 i nie było podstaw do odrzucenia tych hipotez. Jest to istotne potwierdzenie prawidłowości uzyskanej już w czasie badań na tym dworcu w roku 1990 i uwidocznionej wcześniej w tablicy 1.

## 4. CZASY OBSŁUGI PASAŻERÓW PRZEZ KASY BILETOWE

Obsługa pasażera przez kasę polega na sprzedaży jemu biletu. Nawet najsprawniejsza obsługa wymaga pewnego czasu, który określamy jako minimalny czas obsługi $to_{min}$. Stąd czas obsługi pasażera wynosi od $to_{min}$ do $+\infty$, a rozkład czasu obsługi będzie zawsze rozkładem przesuniętym o $to_{min}$. Podstawową grupę sprzedawanych biletów jednorazowych stanowią bilety na przejazd jednym pociągiem. Ich sprzedaż ma charakter rutynowy, o sprawnym przebiegu, a więc i krótkim czasie obsługi. Można więc oczekiwać skupienia się większości czasów obsługi pasażera przez kasę w sąsiedztwie minimalnego czasu obsługi. Część pasażerów kupuje jednak bilety w dwie strony, część kupuje bilety na złożoną drogę przejazdu, a wreszcie część pasażerów stara się łączyć kupno biletu z uzyskaniem jeszcze informacji o podróży. Powoduje to, że przy dominacji krótkich czasów obsługi będą też występowały długie, a nawet bardzo długie czasy obsługi. Można więc oczekiwać, że dla opisu czasów obsługi pasażerów przez kasy biletowe może znaleźć zastosowanie przesunięty rozkład wykładniczy lub przesunięty rozkład podprzypadkowy Erlanga.

Dla kas biletowych na dworcu Kraków Gł. w roku 1990 w ramach identyfikacji czasów obsługi uzyskano 6 próbek o liczności 30–100 elementów. W wyniku łączenia próbek uzyskano 3 próbki skumulowane dla kas bez rezerwacji miejsc i jedną podobną dla kas z rezerwacją miejsc. Po zbudowaniu histogramów i wyznaczeniu parametrów rozkładów empirycznych sformułowano dla każdej próbki równoległe hipotezy o rozkładach normalnym i przesuniętym Erlanga z k=2 lub k=3. Przesunięcie rozkładów Erlanga dla kas bez rezerwacji miejsc wynosiło $to_{min}$=10 sekund przy wartości maksymalnej 100 sekund, a dla kas z rezerwacją wynosiło $to_{min}$=40 sekund przy wartości maksymalnej 300 sekund. Tablica 3 zawiera charakterystykę parametrów próbek i wyniki testowania hipotez o rozkładach czasów obsługi.

Tablica 3

Wyniki testowania hipotez o typie rozkładu czasu obsługi pasażerów przez kasy biletowe – stacja Kraków Główny, lipiec1990 r.

| Rodzaj kasy | Wartość Średnia *to* [s] | Odchylenie standardowe *s* [s] | $k_{emp}$ | Hipoteza I - rozkład N | Hipoteza II - rozkład Erlanga k= 2 | Hipoteza III - rozkład Erlanga k=3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bez rezerwacji miejsc | 27,3 | 10,4 | 2,75 | Tak λ=0,596 | Tak λ=0,488 | **Tak** λ=0,426 |
| | 29,8 | 12,9 | 2,35 | Tak λ=0,728 | **Tak** λ=0,395 | Tak λ=0,782 |
| | 30,4 | 12,9 | 2,50 | Tak λ=0,930 | **Tak** λ=0,441 | Tak λ=0,763 |
| Z rezerwacją | 67,2 | 15,4 | 3,12 | - | - | **Tak** λ=0,387 |

Źródło: opracowanie własne

Z tablicy 3 wynika, że wszystkie hipotetyczne, wyżej wymienione typy rozkładów czasów obsługi są możliwe, ale korzystniej w testach wypadały rozkłady podprzypadkowe Erlanga.

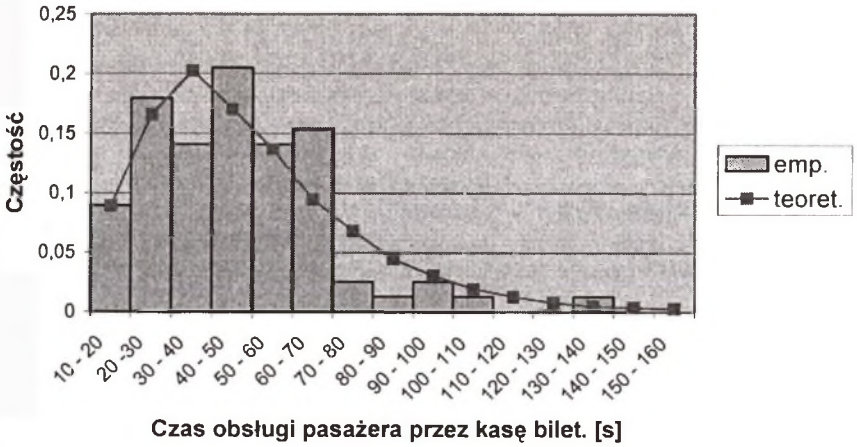
W badaniach czasów obsługi pasażerów przez kasy biletowe stacji Kraków Główny przeprowadzonych w roku 2001 tworzono próbki czasów obsługi powiązane z długością kolejki przed kasą. Kształt histogramów rozkładów czasów obsługi pasażerów przez kasy (rys. 3) oraz obliczone wartości parametru k były podstawą formułowania hipotez o rozkładzie Erlanga z k=2 przesuniętym o $to_{min}$=10 sekund. Parametry rozkładów empirycznych czasów obsługi pasażerów przez kasy z próbek i wyniki testowania hipotez przedstawia tablica 4.

Tablica 4

Wyniki testowania hipotez o typie rozkładu czasu obsługi pasażerów przez kasy biletowe – stacja Kraków Główny, maj 2001 r.

| Rodzaj kasy | Długość kolejki [pas.] | Wartość średnia [sek.] | $k_{emp}$ | $k_{teor}$ | Hipoteza |
|---|---|---|---|---|---|
| Z rezerwacją i bez rezerwacji Miejsc | 0 – 4 | 45,1 | 1,84 | 2 | Er2 tak |
| | 0 – 4 | 46,3 | 2,05 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 43,4 | 2,05 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 45,2 | 2,09 | 2 | Er2 tak |
| | 8 – 12 | 40,4 | 1,62 | 2 | Er2 nie |
| | 8 – 12 | 41,6 | 1,63 | 2 | Er2 tak |
| Bez Rezerwacji Miejsc | 0 – 4 | 43,6 | 1,64 | 2 | Er2 tak |
| | 0 – 4 | 43,3 | 1,69 | 2 | Er2 tak |
| | 4 – 8 | 38,4 | 1,61 | 2 | Er2 nie |
| | 4 – 8 | 40,6 | 1,90 | 2 | Er2 tak |
| | 8-12 | 38,2 | 1,71 | 2 | Er2 nie |
| | 8-12 | 36,0 | 1,69 | 2 | Er2 nie |

Źródło: opracowanie własne




Rys. 3. Przykład zmienności czasu obsługi pasażerów przez kasę biletową sprzedającą bilety bez rezerwacji miejsc oraz z rezerwacją miejsc, Kraków Gł., maj 2001

Fig. 3. Variability of service time in front of the booking office selling the festival seating and reserved seat tickets, Krakow Gł., May, 2001

Dla sformułowanych hipotez o rozkładzie przesuniętym Erlanga z parametrem k=2 czasów obsługi pasażerów przez kasy biletowe nie było podstaw do odrzucenia tych hipotez w sytuacji, gdy długość kolejki przed kasą była umiarkowana, tj. do 8 osób. Przy dłuższych

kolejkach hipotezę taką należało przeważnie odrzucić, przy jednoczesnym braku pozytywnego wyniku dla innych hipotez. W stosowanym teście λ Kołmogorowa przyjmowano poziom istotności $\alpha = 0{,}05$.

Należy dostrzec pewien wpływ długości kolejki, jej presji na czas obsługi pasażera, przejawiający się w niewielkim skracaniu się czasu obsługi. Również na uwagę zasługuje zrównanie się prawie czasów obsługi pasażerów przez kasy sprzedające tylko bilety bez miejscówek i kasy sprzedające zarówno bilety z miejscówkami, jak i bez miejscówek. Wynika to częściowo z obecnego wyposażenia technicznego kas, ale również z faktu, że kasy uniwersalne sprzedające każdy rodzaj biletów sprzedają więcej biletów bez miejscówek.

Porównując wyniki poszukiwania typu rozkładu czasów obsługi pasażerów przez kasy biletowe w omawianych dwóch edycjach badań, należy wskazać, że rozkład Erlanga z parametrem k=2, przesunięty o $to_{min}=10$, przeważnie dostatecznie dobrze opisuje zmienność tych czasów. Ponieważ jednak wyniki nie są jednoznaczne, celowe jest przeprowadzenie dalszych badań.

## 5. PODSUMOWANIE

Praca kas biletowych na dworcach kolejowych może być traktowana jako praca systemu masowej obsługi. Będzie to system złożony, obejmujący równoległe, proste stanowiska obsługi, odpowiadające poszczególnym kasom. Specyficznym zjawiskiem jest mechanizm wyrównywania się długości kolejek przed stanowiskami obsługi.

Z badań strumieni zgłoszeń do kas biletowych na dworcu Kraków Główny wynika, że dla opisu odstępów między zgłoszeniami pasażerów do kas przeważnie najbardziej adekwatny jest rozkład Erlanga z parametrem k = 2, a wartość średnia odstępu mieści się w przedziale 35 – 50 sekund. Zmienność czasu obsługi pasażera przez kasę można również opisywać rozkładem Erlanga z parametrem k = 2, ale przesuniętym o minimalny czas obsługi równy 10 sekund. Wartość średnia czasu obsługi wynosi 35 – 45 sekund.

## Literatura

1. Garnega V.: Analiza pracy kas biletowych na wybranym dworcu kolejowym. Praca dyplomowa PK, Kraków 2002.
2. Greń J.: Statystyka matematyczna – modele i zadania. PWN, Warszawa 1982.
3. Leszczyński J.: Modelowanie symulacyjne w transporcie kolejowym. WKiŁ, Warszawa 1973.
4. Łuczak B., Matuszyk Z.: Analiza pracy stanowisk sprzedaży biletów na stacji Kraków Główny Osobowy. Praca dyplomowa PK, Kraków 1987.
5. Trojan G.: Koncepcja modelu obsługi klientów przez kasy biletowe PKP. Praca dyplomowa PK, Kraków 1990.

## Abstract

The investigation on passengers' input flows at Kraków Gł. station has given the following results: to describe the interarrival time for booking office the Erlang distribution with parameter k=2 is the most adequate, the average of interarrival time belongs to interval between 35 and 50 seconds. The variability of passengers' time service can also be described by the Erlang distribution with parameter k=2, but delayed distribution of minimal time service equal to 10 seconds. The average of time service equals to 35-45 seconds.