

KRYTERIALNA OCENA JAKOŚCI DZIAŁANIA SYSTEMU TRANSPORTU MIEJSKIEGO

LUKASZ MUŚLEWSKI¹

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie

Analiza wyników badań eksploatacyjnych oraz literaturowy przegląd zagadnienia wykazały, że problematyka wyznaczenia optymalnej liczby kryteriów oceny jakości działania danego systemu transportowego jest istotnym zagadnieniem, mającym bezpośredni wpływ na wynik realizowanej oceny. Całość rozważań dokonano w ramach realizowanych badań dotyczących oceny i sterowania jakości działania wybranego systemu transportowego. Jest to rzeczywisty, działający celowo system, świadczący usługi przewozu pasażerów na określonym obszarze miejskim i terenach podmiejskich. Na jakość działania takiego systemu ma wpływ działanie ludzi, funkcjonowanie środków transportowych oraz oddziaływanie otoczenia. Zapewnienie oczekiwanego poziomu jakości świadczonej usługi transportowej powinno być związane z ciągłą jego oceną, optymalizowaniem procesu transportowego oraz wprowadzaniem innowacyjnych rozwiązań. W niniejszym opracowaniu wyznaczono zbiór kryteriów ocenowych i na ich podstawie dokonano oceny oraz analizy poziomu jakości usług przewozowych świadczonych przez wyróżniony systemu transportu miejskiego.

Słowa kluczowe: system transportowy, jakość działania, kryteria oceny, metoda głównych czynników, analiza statystyczna

1. Wprowadzenie

Pokonywanie przestrzeni jest jedną z potrzeb człowieka, która jest realizowana w procesie transportowym. Transport spełnia w państwie funkcję ekonomiczną oraz integracyjną pomiędzy obszarami zurbanizowanymi, jak również na terenach podmiejskich. Zamieszkująca je ludność podejmuje prace w mieście, zaspokaja potrzeby kulturalne, edukuje się, korzysta z usług specjalistycznych, itd. [21].

Szczególnym rodzajem transportu zbiorowego jest transport miejski, obejmujący również tereny podmiejskie, znajdujące się poza granicami administracyjnymi miasta, lecz spełniające analogicznie funkcje takie, jak dzielnice miasta.

Najpopularniejszą komunikacją w transporcie miejskim jest komunikacja autobusowa. Jest to wynik wykorzystania do przewozów istniejącej infrastruktury drogowej, bez konieczności budowania dodatkowej trakcji, rozległego obszaru, na którym realizowane są przewozy oraz łatwości zmian tras przewozowych. Pomimo wielu zalet charakteryzujących miejską komunikację autobusową, ma ona również wady – jest źródłem różnego rodzaju zagrożeń:

¹ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Kaliskiego 7, 85-797 Bydgoszcz, e-mail: l.muslewski@wp.pl

zdrowia i życia ludzi, obiektów technicznych oraz środowiska naturalnego. W związku z tym podstawowym wymaganiem stawianym systemom transportowym tego typu jest zapewnienie wysokiego poziomu jakości ich działania, a w szczególności: niezawodności, terminowości oraz odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Do głównych wymagań stawianych nowoczesnym systemom transportu miejskiego zaliczamy: [4,9,10,13,22,23]

- zapewnienie bezpieczeństwa przewożonym pasażerom,
- zapewnienie dostępności do sieci transportowej, bezpośrednio realizowanych przewozów,
- przystosowanie pojazdów do przewozu dużej liczby pasażerów,
- przystosowanie pojazdów do warunków ruchu miejskiego,
- zapewnienie odpowiedniej częstotliwości, punktualności i szybkości przewozów.

Wzrastający poziom jakości życia sprawia, że mieszkańcy będą oczekiwać poziomu usług jak najbardziej zbliżonych do wygody przemieszczania się własnymi samochodami. Prawidłowa działalność przewoźnika powinna polegać na zaspakajaniu zbiorowych potrzeb mieszkańców miasta lub gminy. Aby spełnić wymagania klienta, należy wsłuchać się w to, czego użytkownik sobie życzy i spełnić jego oczekiwania. Poznanie preferencji pasażerów korzystających z komunikacji autobusowej wiąże się z przeprowadzeniem badań marketingowych, dzięki którym można uzyskać najlepszy pomiar jakości usług przewozowych z punktu widzenia pasażera.

Jakość usług przewozowych zależy od wielu czynników, tzw. kryteriów jakości transportu miejskiego. Za kryteria te można uznać postulaty przewozowe. Zgodnie z poszczególnymi kryteriami jakości wyznaczyć można standardy obsługi pasażerów. Standard podróży najczęściej rozumiany jest jako zdolność systemu do spełnienia pewnych wymagań jakościowych stawianych przez klientów. W węższym znaczeniu standard oznacza związaną z określoną cechą obsługi pewną wartość graniczną [8].

Ranga i hierarchia poszczególnych postulatów przewozowych jest różna w ocenie poszczególnych użytkowników transportu miejskiego. Nie można ustalić jednej hierarchii postulatów obowiązującej we wszystkich miastach, gdyż jest ona determinowana warunkami lokalnymi. Hierarchię postulatów powinno określać się systematycznie, w drodze badań marketingowych organizatorów transportu miejskiego.

2. Wybór kryteriów oceny jakości działania systemu transportu miejskiego

W literaturze istnieje wiele metod i narzędzi stosowanych w celu ustalenia istotności rozpatrywanych zmiennych. Są to metody statystyczne, analizy wielokryterialne, elementy logiki rozmytej, testy korelacji i inne. Jedną z takich metod, wspomagającą proces wyboru zbioru kryteriów ocenowych, którą zastosowano w niniejszym opracowaniu, jest metoda głównych czynników.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu oraz wyników badań własnych, wyróżniono zbiór 16 kryteriów [bezpieczeństwo, efektywność, gotowość, ergonomiczność, ekologiczność, potencjał użytkowy, czynniki atmosferyczne, dostępność, estetyka, informacyjność, punktualność, częstotliwość, czynniki zewnętrzne, bezpośredniość, niezawodność, koszt (cena)], które poddano analizie (na podstawie wyników otrzymanych ze zrealizowanych badań ankietowych), w celu wyznaczenia najistotniejszych z nich, z punktu widzenia budowy modelu wynikowego oceny jakości działania wybranego systemu transportu miejskiego.

W badaniach ankietowych występuje zwykle duża liczba cech zmiennych. Jednak pytania w ankietach są powiązane ze sobą i wymiar ankiety bywa niepotrzebnie powiększony. Podczas analizy danych ankietowych powstają różne problemy. Jednym z nich jest problem optymalnej liczności zbioru zmiennych bez znaczącej utraty informacji. Znane metody statystyki wielowymiarowej nie proponują idealnych procedur statystycznych służących do najlepszego wyboru podzbioru zmiennych. Jedną z takich metod jest metoda głównych czynników. Jednak stosowanie tej metody wymaga spełnienia pewnych założeń. Metodę realizuje się na zmiennych mierzalnych, ale dopuszcza się również stosowanie tej metody w przypadku zmiennych typu porządkowego. Badane zmienne powinny pozostawać w liniowej zależności, a korelacja między nimi powinna być mierzona współczynnikiem Pearsona. Jeśli analizowane zmienne nie są powiązane, to stosowanie metody głównych czynników jest niecelowe. Na podstawie analizy literatury [20] wiadomo, że jeśli wszystkie współczynniki korelacji są mniejsze od 0,3, to stosowanie metody głównych czynników jest nieskuteczne. Im wyższe współczynniki korelacji, tym bardziej celowe jest stosowanie tej metody. Na początku analizy statystycznej należy zastosować test Bartletta [1]. Test Bartletta odpowiada na pytanie, czy wszystkie współczynniki korelacji są równe zero. Stosowanie metody głównych czynników wymaga próby o odpowiedniej liczebności. W literaturze [19] sugeruje się, że jeśli korelacje są silne, to wystarcza próba statystyczna o liczebności 50. Założenie o normalności rozkładu nie jest konieczne do opisu powiązań między zmiennymi. Jednak, gdy stosuje się testy statystyczne do określenia istotności składowych, to konieczne jest założenie o wielowymiarowej normalności rozkładu badanych cech.

Analizowane w pracy zbiory danych są macierzami liczbowymi o wymiarach $n \times p$, gdzie: n oznacza liczbę ankiet, p liczbę kryteriów. Dla danej macierzy $X(n \times p)$ wyznacza się macierz współczynników korelacji. Macierz współczynników korelacji poddawana jest testowi Bartletta. Test Bartletta rozstrzyga o celowości stosowania metody głównych czynników. Jeśli R oznacza macierz współczynników korelacji, to test Bartletta polega na weryfikacji hipotezy statystycznej postaci:

$$H_0 : R = I, \quad (1)$$

gdzie: I – jest macierzą jednostkową wymiaru $p \times p$.

Hipoteza H_0 oznacza, że wszystkie współczynniki korelacji zawarte w macierzy R są równe zero. Statystyka testowa dla tej hipotezy ma postać:

$$U = -(n-1 - \frac{2p+5}{6}) \sum_{i=1}^p \ln \lambda_i \quad (2)$$

gdzie:

p – liczba zmiennych,

n – liczba badań,

λ_i – i -ta wartość własna macierzy R .

Zakłada się, że wartości własne są uporządkowane nierosnąco, to znaczy:

$$\Lambda_1 \geq \Lambda_2 \geq \dots \geq \Lambda_p, \quad (3)$$

Statystyka U ma przy założeniu prawdziwości hipotezy H_0 rozkład chi-kwadrat z $p(p-1)/2$ stopniami swobody. Wyniki zastosowania testu Bartletta przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki testu Bartletta

Wartość statystyki U	p-value
226.56	0.000001

Analiza wyników testowania hipotezy $H_0 : R = I$ wykazała, że dla grupy analizowanych danych hipotezę zerową należy odrzucić przy bardzo niskim p-value. Oznacza to, że stosowanie metody głównych czynników jest celowe.

Analiza głównych czynników pozwala na wyznaczenie przekształcenia liniowego postaci:

$$Z = A X, \quad (4)$$

gdzie: A jest macierzą przekształcenia liniowego wymiaru $p \times p$,

X jest macierzą kolumnową postaci $X^T = [X_1, X_2, \dots, X_p]^T$.

Z jest macierzą kolumnową zawierającą zmienne zależne Z_1, Z_2, \dots, Z_p nazywane składowymi.

Metoda głównych czynników wyznacza pierwszy wiersz macierzy A tak, aby składowa Z_1 miała maksymalną wariancję przy ograniczeniu postaci:

$$\sum_{i=1}^p a_{1i}^2 = 1 \quad (5)$$

Dalej wyznacza się drugą składową Z_2 tak, aby wariancja zmiennej Z_2 przy odpowiednich ograniczeniach była maksymalna.

Jednym z podstawowych celów stosowania metody głównych czynników jest weryfikacja hipotezy postaci:

$$H_0 : \lambda_{k+1} = \lambda_{k+2} = \dots = \lambda_p, \quad (6)$$

wobec hipotezy alternatywnej:

H_1 : nie wszystkie $\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_p$ są równe.

Statystyka testowa dla hipotezy H_0 ma postać:

$$\chi^2 = -(n - k) \left[\sum_{j=1}^p \ln \lambda_j - q \ln \frac{1}{q} \sum_{i=k+1}^p \lambda_i \right] \quad (7)$$

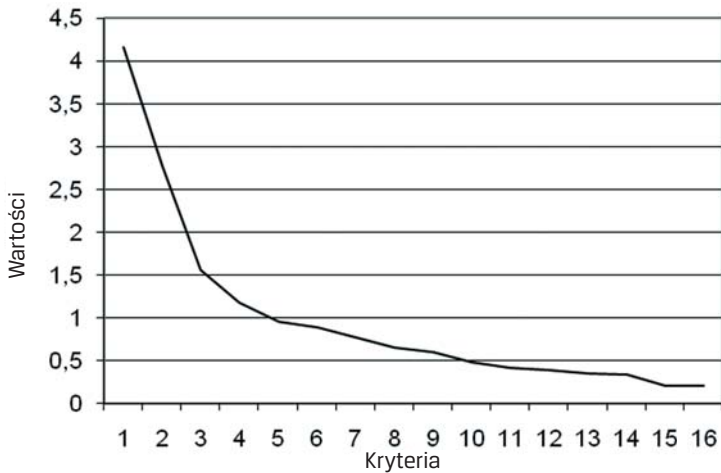
gdzie χ^2 ma przy założeniu prawdziwości hipotezy H_0 rozkład χ^2 z $df = q(q+1)/2 - 1$, $q = n - k$ stopniami swobody.

Hipotezę statystyczną (6) weryfikowano kolejno dla $k = 0, 1, 2, \dots, p - 2$. Wyniki weryfikacji tej hipotezy umieszczono w tabeli 2. Tabela 2 zawiera wartości własne λ_i , $i = 1, 2, \dots, p$ dla analizowanego zbioru. Analiza Tabeli 2 wykazuje, że 9 największych wartości własnych różni się istotnie.

Tab. 2. Wyniki testowania dla analizowanego zbioru kryteriów [6]

Lp.	Wartości własne	p-value	Wynik testu
1	3	0,000	X
2	2,48	0,000	X
3	1,93	0,001	X
4	1,33	0,019	X
5	1,17	0,031	X
6	0,94	0,044	X
7	0,88	0,028	X
8	0,87	0,022	X
9	0,74	0,04	X
10	0,63	0,075	
11	0,57	0,123	
12	0,46	0,382	
13	0,31	0,895	
14	0,23	0,980	
15	0,2	0,934	
16	0,18		

W prezentacji graficznej metody głównych czynników często stosuje się wykres kolejnych wartości własnych w zależności od numeru wartości własnej w ciągu uporządkowanym (3). Wykres taki nazywa się osypiskiem. Aby umieścić wszystkie ciągi na jednym wykresie, wykresy normalizuje się, dzieląc każdą wartość własną przez pierwszą (maksymalną). Wykres osypiska dla analizowanego zbioru przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Wykres osypiska dla analizowanego zbioru danych

Na podstawie zrealizowanych badań, z zastosowaniem metody głównych czynników, stwierdzono, że w analizowanym zbiorze kryteriów znajduje się 9 wartości własnych różnorodnie statystycznie. Fakt ten świadczy o istnieniu nadmiarowości wymiaru rozważanego zbioru. Mając na uwadze powyższe oraz wyniki opracowań [5,6,7,11,21] uznano, że do dalszych badań dotyczących oceny jakości działania obiektu badań został przyjęty zbiór 9 najistotniejszych kryteriów: punktualność, częstotliwość, bezpieczeństwo, niezawodność, dostępność, koszt, bezpośredniość, informacyjność oraz ergonomiczność.

3. Badanie wymagań jakościowych użytkowników systemu transportu miejskiego

Przez wzorzec jakości w miejskim transporcie zbiorowym można rozumieć uporządkowany dla konkretnych potrzeb zapis zbioru kryteriów jakości, zawierający ich charakterystyki oraz stany pożądane [1,8]. Jako kryterium przyjęto jeden z istotnych warunków nałożonych na wartość cechy [6].

Zasadniczym etapem procesu kwalifikacji jakości powinna być konstrukcja wzorca jakości, który odzwierciedlałby preferencje pasażerów przekazywane organizatorom przewozów i przedsiębiorstwom przewozowym. Wzorzec ten powinien być punktem odniesienia analizy zebranych danych, dotyczących oferowanych i realizowanych parametrów jakościowych [18].

Wzorzec jakości ma zawsze postać wielowymiarową, obejmującą wiele cech jakości, odwzorowujących postulaty przewozowe formułowane przez pasażerów. Wzorzec jakości powinien zawierać porównanie odpowiednio dobranych cech jakości, aby rozpatrywana jakość przewozów wiązała się z odczuciami użytkownika [3,4].

Tworzenie wzorca jakości powinno być wplecione w koło jakości usług transportu zbiorowego, obejmujące sformułowania jakości preferowanej, zaplanowanej i realizowanej. W ramach doskonalenia wzorca jakości należy okresowo przeprowadzać kontrolę i ocenę jakości usług przewozowych, badanie luki jakościowej oraz weryfikację wzorca jakości na następujący okres [15].

W badaniach podstawą analiz jest jakość realizowana. Aby zmierzyć jakość usług przewozowych z punktu widzenia pasażerów, konieczne jest poznanie ich oczekiwań oraz preferencji.

4. Obiekt badań

Obiektem badań jest ogólnie pojęty system transportowy, należący do klasy systemów socjotechnicznych typu <C - M - O> (C - człowiek, M - maszyna, O - otoczenie), którego głównym zadaniem jest przemieszczanie ludzi z możliwością przewozu (zgodnie z ustalonym regulaminem przewozów) ich zwierząt oraz ładunków rzeczowych [21].

Jest to system złożony, działający w określonym otoczeniu, prowadzącym działalność usługową w zakresie zaspokajania zbiorowych potrzeb komunikacyjnych mieszkańców miasta. Podstawowym celem działalności Spółki jest organizowanie oraz wykonywanie usług przewozowych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego na określonym obszarze terytorialnym, jak i również:

- ekspozycja reklam i ogłoszeń w autobusach,
- usługi remontowo - naprawcze dla obcych podmiotów,
- wynajem pomieszczeń i terenów firmy innym podmiotom gospodarczym,
- sprzedaż detaliczna paliw do pojazdów silnikowych.

5. Opis badań

W dniach od 17 września do 10 października 2012 roku (kiedy uczniowie jak i studenci po przerwie wakacyjnej wrócili do szkół i uczelni) przeprowadzono badanie marketingowe, które miało na celu określenie preferencji i stopnia satysfakcji pasażerów komunikacji zbiorowej w zakresie oferty przewozowej, realizowanej przez analizowane przedsiębiorstwo transportu miejskiego.

Jednostką statystyczną był użytkownik – jednostka prosta, a liczebność zbioru respondentów wyniosła $N = 200$. Kryterium zmienności stanowiło - istotność ocenianych kryteriów w punktach. Ocen dokonano w skali ocen $\{0,1,\dots,5\}$.

Wyniki przeprowadzonego badania pozwoliły na wykonanie analizy wymagań jakościowych jego użytkowników w zakresie świadczonej usługi przewozowej w miejskiej komunikacji zbiorowej.

Badania marketingowe przeprowadzono w dni robocze, w godzinach porannego i popołudniowego szczytu przewozowego. Miejsca badań zostały dobrane w taki sposób, aby populację badaną stanowili pasażerowie, którzy zawsze, czasami lub rzadko korzystają z usług przedsiębiorstwa transportowego.

6. Metodyka badań

W przeprowadzonym badaniu marketingowym zastosowano bezpośredni pomiar sondażowy metodą Servqual [14].

Narzędzie badawcze składało się z pytania o charakterze zamkniętym, które ma tę zaletę, że eliminuje brak zdolności respondenta do wypowiedzenia się i daje pełny wybór odpowiedzi. Ponadto, respondentom stworzono możliwość otwartego wypowiedzenia się w zakresie komunikacji miejskiej w punkcie „Uwagi”.

Pytanie: Jakie są Pana/Pani wymagania względem jakości usług przewozowych oraz jaka jest ocena wykonywanej usługi przez oceniane miejskie przedsiębiorstwo komunikacji.

Zadaniem ankietowanych było, aby przy użyciu pięciostopniowej skali ocen wyrazili swój poziom oczekiwań oraz ocenili jakość wykonywanych usług w odniesieniu do $p = 9$ wyróżnionych kryteriów jakości, a także wskazali, który z postulatów przewozowych jest najważniejszy. Ocenie respondentów poddano następujące, wyznaczone postulaty przewozowe, stanowiące zarazem kryteria jakości usług przewozowych:

- Punktualność – zgodność czasowa realizowanych zadań przewozowych z obowiązującym rozkładem jazdy, z uwzględnieniem ustalonych przedziałów tolerancji;
- Częstotliwość – dobowa ilość realizowanych kursów, w określonym przedziale czasowym, odpowiadająca zapotrzebowaniu na ich świadczenie;
- Bezpieczeństwo – to cecha realizowanego procesu transportowego, charakteryzująca się brakiem występowania zagrożeń życia i zdrowia ludzi oraz zagrożeń istnienia transportowanych ładunków, ewentualnie zwierząt biorących udział w tym procesie;
- Niezawodność – cecha systemu charakteryzująca jego zdolność do realizacji zadań w określonym przedziale czasu i przy ustalonych poziomach oddziaływań czynników wymuszających; w sensie normatywnym niezawodność można określić jako prawdopodobieństwo zrealizowania zadania przez obiekt w określonym przedziale czasu t i przy ustalonych poziomach oddziaływania czynników wymuszających;
- Dostępność – odległość do przystanków umożliwiających skorzystanie z danej sieci komunikacyjnej;
- Koszt – ceny za poszczególne rodzaje biletów oraz zniżki lub zwolnienia z opłat za przejazd;
- Bezpośredniość połączeń – zdolność realizacji zadania przewozowego jednym rodzajem środka transportu, eksploatowanym na wybranej trasie lub jej odcinku;
- Informacyjność – dostępność i rozpowszechnienie danych o realizowanym procesie transportowym;
- Ergonomiczność- dostosowanie rozwiązań konstrukcyjnych i elementów wyposażenia środków i infrastruktury transportowej do cech psychofizycznych człowieka.

Poziom oczekiwań i ocena jakości wykonanej usługi zostały przez respondentów ocenione w skali pięciostopniowej, gdzie w przypadku badania poziomu oczekiwań wystawiona ocena „5” oznaczała poziom bardzo wysoki, a „1” bardzo niski, natomiast w ocenie jakości wykonanej usługi „5” oznaczała usługę wykonaną na bardzo wysokim poziomie, a „1” na bardzo niskim. Analizy grupy respondentów dokonano według następujących kryteriów:

- płeć (kobieta, mężczyzna),
- wiek (do 18 lat, 18 - 25 lat, 26 - 50 lat, 51 - 60 lat, powyżej 60 lat),
- status zawodowy (uczniowie, studenci, pracujący, niepracujący, emeryci/renciści),
- częstotliwość korzystania z komunikacji miejskiej zawsze, czasami lub rzadko,
- na podstawie jakiego biletu realizowana jest podróż (bilet jednorazowy ulgowy lub normalny, bilet okresowy ulgowy lub normalny, uprawnienia do przejazdów bezpłatnych).

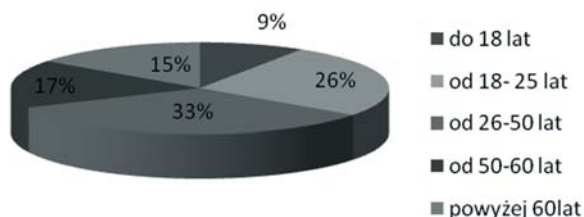
Oceny respondentów posłużyły do obliczenia wartości średnich ocen poszczególnych postulatów w zakresie poziomu oczekiwań i oceny jakości wykonanej usługi, jak również luki jakościowej względnej i bezwzględnej.

7. Wyniki badań

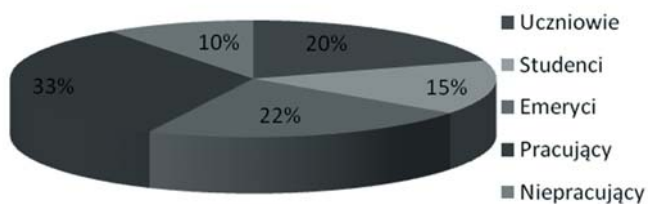
Charakterystykę ankietowanych pasażerów, według podziału respondentów, przedstawiono na rysunkach od 2 - 6.



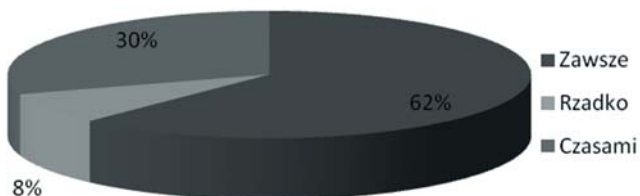
Rys. 2. Podział ankietowanych ze względu na płeć



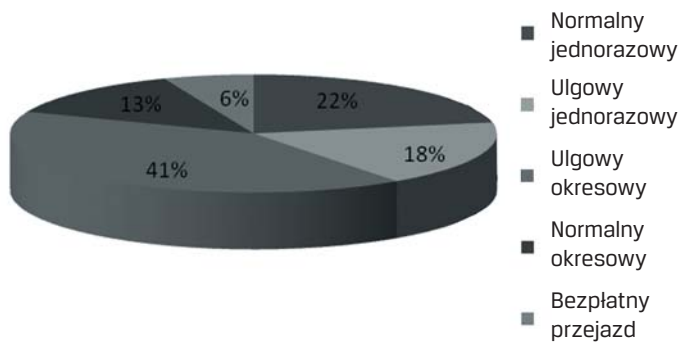
Rys. 3. Podział ankietowanych ze względu na wiek



Rys. 4. Podział ankietowanych ze względu na status zawodowy



Rys. 5. Częstotliwość podróżowania komunikacją miejską



Rys. 6. Rodzaj posiadanych uprawnień do przejazdu komunikacją miejską

Wyniki badań w zakresie preferencji pasażerów korzystających z usług przewozowych oraz ich rangę przedstawiono w poniższej tabeli, zawierającej zestawienie średnich wyników oczekiwań respondentów.

Tab. 3. Zestawienie średnich wyników w zakresie preferencji dla poszczególnych kryteriów komunikacji miejskiej w 2012 r. wraz z ich rangą

L. p.	Kryteria jakości	Preferencje podróżnych	Ranga cechy
1.	Punktualność	4,60	1
2.	Częstotliwość	4,56	3 - 4 - 5
3.	Bezpieczeństwo	4,56	3 - 4 - 5
4.	Niezawodność	4,54	6
5.	Dostępność	4,52	7 - 8
6.	Koszt	4,50	9
7.	Bezpośredniość	4,59	2
8.	Informacyjność	4,56	3 - 4 - 5
9.	Ergonomiczność	4,52	7 - 8

Za najważniejsze cechy w zakresie preferencji respondenci uznali: punktualność (4.60) i bezpośredniość (4.59). Za cechy najmniej ważne respondenci uznali koszt (4.50).

W drugiej części ankiety użytkownicy korzystający z usług miejskiego transportu zbiorowego wyrazili opinię na temat jakości usług dostarczonych przez badane przedsiębiorstwo transportowe. Wyniki badań w zakresie satysfakcji pasażerów korzystających z tych usług przedstawiono w tabeli nr 4.

Tab. 4. Zestawienie średnich wyników w zakresie ocen dla poszczególnych kryteriów charakteryzujących obiekt badań

L. p.	Cecha jakości	Oceny	Ranga cechy
1.	Punktualność	3,95	2
2.	Częstotliwość	3,55	7
3.	Bezpieczeństwo	4,20	1
4.	Niezawodność	3,72	4
5.	Dostępność	3,92	3
6.	Koszt	3,30	9
7.	Bezpośredniość	3,60	6
8.	Informacyjność	3,70	5
9.	Ergonomiczność	3,53	8
Średnia ocen		3,72	

Najwyżej ocenione kryteria przez ogół respondentów, to: bezpieczeństwo podróży (4,20), punktualność (3,95) i dostępność (3,92). Najniżej respondenci ocenili koszt – cenę biletów (3,30). Średnia ocena jakości dostarczanych usług wyniosła (3,72).

8. Charakterystyka luk jakościowych

Przeprowadzone badania preferencji oraz zadowolenia klienta pozwoliły na ustalenie luk jakościowych, względnej i bezwzględnej.

- luka jakościowa względna – jest obliczana jako różnica rzeczywistych preferencji i ocen respondentów,
- luka jakościowa bezwzględna – jest obliczana jako różnica maksymalnych, możliwie idealnych oczekiwań w zakresie usługi i rzeczywistych ocen respondentów [17].

Tab. 5. Zestawienie średnich wyników w zakresie preferencji i ocen dla poszczególnych kryteriów jakościowych przy zastosowaniu 5- stopniowej skali ocen

L. p.	Kryterium jakości	Preferencje maksymalne	Preferencje podróżnych	Oceny podróżnych	Względna luka jakościowa	Bezwzględna luka jakościowa
1.	Punktualność	5,00	4,60	3,95	0,65	1,05
2.	Częstotliwość	5,00	4,56	3,55	1,01	1,45
3.	Bezpieczeństwo	5,00	4,56	4,20	0,36	0,80
4.	Niezawodność	5,00	4,54	3,72	0,82	1,28
5.	Dostępność	5,00	4,52	3,92	0,60	1,08
6.	Koszt	5,00	4,50	3,30	1,20	1,70
7.	Bezpośredniość	5,00	4,59	3,60	0,99	1,40
8.	Informacyjność	5,00	4,56	3,70	0,86	1,30
9.	Ergonomiczność	5,00	4,52	3,53	0,99	1,47

Największa luka jakościowa względna dla omawianych kryteriów wystąpiła w pozycjach:

- koszt (cena biletu) – 1,20,
- częstotliwość – 1,01.

Najmniejsza luka jakościowa względna wystąpiła dla cech:

- bezpieczeństwo – 0,36,

- dostępność – 0,60,
- punktualność – 0,65.

Największa luka jakościowa bezwzględna wystąpiła dla cech:

- bezpośredniość – 1,86,
- koszt (cena biletu) – 1,58,
- ergonomiczność – 1,47.

Najmniejsza luka jakościowa bezwzględna:

- bezpieczeństwo podróży – 0,80,
- punktualność – 1,05,
- dostępność – 1,08.

9. Analiza otrzymanych wyników badań

Funkcjonowanie transportu zbiorowego jest ważnym aspektem jakości życia w mieście. Wzrost jakości obsługi pasażerów to przede wszystkim zmniejszenie uciążliwości związanych z warunkami przemieszczania się. Możliwość mierzenia jakości przewozów w komunikacji zbiorowej jest jednym z warunków koniecznych do podejmowania działań poprawiających standardy obsługi.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wykonano analizę statystyczną, którą zamieszczono w tabeli 6.

Tab. 6. Wyniki zrealizowanej analizy statystycznej

	Punktualność	Częstotliwość	Bezpieczeństwo	Niezawodność	Dostępność	Koszt	Bezpośredniość	Informacyjność	Ergonomiczność
Liczba obserwacji	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Średnia arytmetyczna	3,95	3,55	4,20	3,72	3,92	3,30	3,60	3,70	3,53
Mediana	4	4	4	4	4	3	4	4	4
Moda	4	4	5	3	4	3	4	3	3
Wariancja	0,71	0,69	0,63	0,81	0,59	0,94	0,75	0,7	0,64
Odchylenie standardowe	0,85	0,83	0,86	0,9	0,77	0,97	0,86	0,83	0,8
Minimum	2	2	2	2	3	1	2	2	1
Maximum	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Współczynnik zmienności	21,5	23,3	20,4	24,1	19,5	29,3	23,8	22,4	22,6

Analizując otrzymane wyniki badań, można zaobserwować preferencje i wymagania użytkowników względem świadczonych usług transportowych. Analiza wyników badań statystycznych, a w szczególności średniej arytmetycznej, będącej najefektywniejszym, nieobciążonym estymatorem nieznannej wartości oczekiwanej [12], świadczą o tym, że użytkownicy badanego systemu transportowego za najistotniejsze kryteria uznali bezpieczeństwo (4.20), punktualność (3.95) oraz dostępność (3.92). Wartości współczynnika zmienności dla tych kryteriów wynoszą 21.5%, 20.4% i 19.5%. Oznacza to, że odpowiedzi udzielane przez badanych na temat powyższych kryteriów są najmniej zróżnicowane. Kryteriom: niezawodność, informacja, bezpośredniość oraz częstotliwość przyznano średnie wartości ocen w przedziale od 3.55 do 3.70 punktów.

Natomiast za najmniej istotne, z punktu widzenia realizowanej usługi transportowej, użytkownicy uznali kryteria: koszt i ergonomiczność, którym średnio przyznali od 3.30 do 3.53 punktów. Oznacza to, że z punktu widzenia realizowanych badań kryteria te mają najmniej wpływ na ocenę jakości świadczonych usług i w dalszej analizie należy rozważyć, czy ich nie pominąć. Poza tym, analizując rozrzut w rozpatrywanym zbiorze kryteriów, mierzony za pomocą współczynnika zmienności, widać, że jest on największy dla ergonomiczności i kosztu, co świadczy o najmniejszej precyzji użytkowników w określeniu ich wartości.

Badania wykazały, iż bezpieczeństwo przewozów jest najwyżej oceniane i spełnia oczekiwania podróżnych. Na taką oceną ma wpływ wyposażenie autobusów komunikacji w system monitoringu, który spowodował wzrost poczucia bezpieczeństwa pasażerów.

Należy jednak mieć na uwadze, że ze względu na powszechny charakter i cel jaki odgrywa komunikacja miejska, wyniki otrzymano z badań reprezentatywnej grupy lub na reprezentatywnej (zróżnicowanej) grupie respondentów. Natomiast dokonując podziału ze względu na wiek czy status społeczny ankietowanych, w istotny sposób mogłoby to zmienić ich wymagania i preferencje względem jakości działania badanego systemu.

10. Podsumowanie

Wzrastający poziom jakości życia sprawia, że mieszkańcy oczekują poziomu usług jak najbardziej zbliżonych do wygody przemieszczania się własnymi samochodami. Prawidłowa działalność przewoźnika powinna polegać na zaspokajaniu zbiorowych potrzeb mieszkańców miasta. Poznanie preferencji pasażerów korzystających z komunikacji autobusowej wiąże się z przeprowadzeniem badań, dzięki którym w najlepszy sposób można uzyskać pomiar jakości usług systemu transportu miejskiego z punktu widzenia pasażera.

Analizując otrzymane wyniki badań, na podstawie zastosowania metody głównych czynników, można stwierdzić, że istnieją podstawy do ograniczenia jego wymiarowości, czyli zredukowania ilości przyjętych kryteriów. Mając na uwadze, że zbiór ten stanowią użytkownicy badanego systemu transportowego, którzy w głównej mierze stawiają jakościowe wymagania - oczekiwania względem jego funkcjonowania, to fakt ten należy uwzględnić w ostatecznych decyzjach co do redukcji wymiarowości rozpatrywanego wektora kryteriów.

Wyraźne zróżnicowanie szybkości stabilizacji krzywych osypiska dla analizowanej grupy pokazuje, że celowym jest dalsze badanie ich wymiarowości statystycznej.

Opierając się na zrealizowanych badaniach, wyróżniono zbiór istotnych kryteriów ocenowych, na podstawie których dokonano oceny jakości działania wybranego obiektu badań w ustalonym przedziale czasowym. Otrzymane wyniki badań dotyczące istotności kryteriów mogą stanowić wytyczne dla decydentów co do projektowania, sterowania oraz kontroli funkcjonowania systemu, w celu spełnienia oczekiwań pasażerów, poprzez zapewnienie pożądanego poziomu jakości jego działania.

Należy mieć na uwadze, że w celu analizy porównawczej jakości działania wybranych systemów transportowych lub oceny działania danego systemu, w różnych chwilach czasu, trzeba zastosować ten sam zbiór wyznaczonych kryteriów, których wartości należy odnieść do wzorcowych lub poświadczonych ich stanów, które w wielokryterialnej ocenie stanowiąc będą o jakości działania przedmiotu oceny.

Literatura

- [1] BARTLETT M. S.: *A note on the multiplying factors for various chi square approximations*. Journal of the Royal Statistical Society, 16, series B, 1954.
- [2] COMREY A.L., FIRST A.: *Course in Factor Analysis*. New York, Academic Press, 1973.
- [3] HORING A., DZIADEK S.: *Zarys geografii transportu lądowego*. PWN, Warszawa 1987.
- [4] KUBALSKI J., MAZUR T.: *Komunikacja miejska*. WKiŁ Warszawa 1980.
- [5] MUŚLEWSKI Ł.: 2007. *The implementation of the fuzzy logic elements in the area of the transport system operation quality assessment*. *Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources. Volume 1*, Maritime Transportation. Taylor & Francis Group, Balkema – Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences, Carlos GuedesSoares, Peter N. Kolev (eds), London / Leiden / New York / Philadelphia / Singapore.
- [6] MUŚLEWSKI Ł., KNOPIK L.: 2012. *Application of principal component analysis for optimization of a system operation assessment criteria set*. Journal of KONES Powertrain and Transport, vol. 19, No. 4, Warsaw.
- [7] MUŚLEWSKI Ł., PAJĄK M., ŚLĘŻAK M., POLAŃSKI J.: 2012. *Analysis of significance of criteria for transportation system operation quality assessment*. Journal of KONES Powertrain and Transport, vol. 19, No. 4, Warsaw.
- [8] RUDNICKI A.: *Jakość komunikacji miejskiej*. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 1999.
- [9] RYDZYKOWSKI W., WOJEWÓDZKA - KRÓL K.: *Transport*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- [10] ORZEŁOWSKI S.: *Budowa podwozi i nadwozi samochodowych*. WSP, Warszawa 1987.
- [11] PAJĄK M., MUSLEWSKI Ł.: 2006. *Transport system operation quality assessment as a multiobjective analysis issue*. Journal of KONES, Vol. 13, No. 2, European Science Society of Powertrain and Transport Publication, Warsaw.
- [12] PLUCIŃSKA A., PLUCIŃSKI E.: *Probabilistyka*. WNT, Warszawa 2000.
- [13] PODOLSKI J.: *Transport w miastach*. Wydawnictwo II. Wkił, Warszawa 1985.
- [14] RUCIŃSKA D.: *Marketingowe kształtowanie rynku usług przewozowych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2001.
- [15] STAROWICZ W.: *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*. Politechnika Krakowska, Kraków 2007.

- [16] STAROWICZ W.: *Kształtowanie jakości usług przewozowych w miejskim transporcie zbiorowym*. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2001.
- [17] STAROWICZ W.: *Preferencje i satysfakcja pasażerów z usług transportu zbiorowego w Lubinie*. Materiały konferencyjne z VI Konferencji Komunikacji Miejskiej, Lubin 2003.
- [18] STAROWICZ W., GRETKOWSKA K.: *Wyniki badań preferencji i ocen pasażerów w zakresie jakości komunikacji zbiorowej w Krakowie*. Transport Miejski, 2003.
- [19] TABACHNIK B.G., and FIDELL L.: *Computer – Assisted Research Design and Analysis*. Allyn & Bacon, Boston, 2001.
- [20] TABACHNIK B.G., and FIDELL L.: *Using Multivariate Statistics*. Haper& Row, New York, 1996.
- [21] WOROPAY M., MUŚLEWSKI Ł.: *Jakość w ujęciu systemowym*. Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005.
- [22] WOROPAY M., SZUBARTOWSKI M., MIGAWA K.: *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym*. IteE, Bydgoszcz - Radom 2003.
- [23] WOROPAY M., ŻUREK J., MIGAWA K.: *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym*. IteE, Bydgoszcz - Radom 2003.