ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: TRANSPORT z. 58 Nr kol. 1688

Michał KRAŚNICKI-SOKÓŁ [1], Marek MALARSKI [2]

ANALIZA PARAMETRÓW PROCESU OBSŁUGI PASAŻERÓW W PORCIE LOTNICZYM

Streszczenie. Prezentowana analiza parametrów procesu obsługi pasażerów jest punktem wyjścia dla metod, służących do projektowania i analizy funkcjonowania stanowisk obsługi w porcie lotniczym. Artykuł prezentuje wyniki analizy parametrów procesu obsługi.

SERVICE POINTS PARAMETERS ANALYSIS FOR PASSENGER AT THE AIRPORT

Summary. Presented analysis of parameters at service points gave closer focus on this important subject. Such view is a beginning for methods which has to be used for appropriate management and analysis of service points at the airport.

1. WPROWADZENIE

Badania empiryczne procesu obsługi pasażerów przeprowadzono w terminalu pasażerskim portu lotniczego Warszawa Okęcie [1]. Zidentyfikowano rozkłady czasów obsługi na poszczególnych stanowiskach obsługi pasażerów odlatujących. Analiza zebranych danych może być pomocna przy ogólnej analizie pracy portu lotniczego.

Szczegółowej analizie poddano wybrane operacje obsługi pasażerów.

1. Operacja obsługi biletowo-bagażowej (*bb*). W celu szczegółowej analizy parametrów losowych operację analizowano rozłącznie dla dwóch kategorii obsługiwanych pasażerów:
   - pasażerowie podróżujący rejsami w relacji krótkodystansowej (kategoria *sh*) - B^{bb-sh},
   - pasażerowie podróżujący rejsami w relacji długodystansowej (kategoria *lh*) - B^{bb-lh}.
2. Operacja kontroli bezpieczeństwa w terminalu pasażerskim (*bw*). Kontrola bagaży podróżnych odbywa się przed przystąpieniem do odprawy biletowo-bagażowej. W celu szczegółowej analizy parametrów losowych operację analizowano rozłącznie dla dwóch kategorii obsługiwanych pasażerów:
   - pasażerowie podróżujący rejsami w relacji krótkodystansowej (kategoria *sh*) - B^{bw-sh},
   - pasażerowie podróżujący rejsami w relacji długodystansowej (kategoria *lh*) - B^{bw-lh}.
3. Operacja kontroli paszportowej (*pa*):
   - bez podziału – B^{pa}.

[1] PLL LOT S.A., ul. 17 Stycznia 39, 00-906 Warszawa, tel: (+48 22) 606 89 47, m.krasnicki-sokol@lot.pl
[2] Wydział Transportu, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. (+48 22) 660 7339, mma@it.pw.edu.pl

4. Operacja kontroli bezpieczeństwa bagażu podręcznego (*bg*) przed wejściem podróżnych do poczekalni przedodlotowej (Gate). Podobnie jak dla operacji obsługi biletowo-bagażowej i kontroli bezpieczeństwa operację analizowano rozłącznie dla dwóch przypadków kontroli bezpieczeństwa:
   - pasażerowie poddani są wybiórczej kontroli bagażu podręcznego w Gate (kategoria *wyb*) – B^{bg-wyb},
   - pasażerowie poddani są dokładnej kontroli bagażu podręcznego w Gate (kategoria *dok*) – B^{bg-dok}.
5. Operacja kontroli wizowej (*kw*):
   – bez podziału – B^{kw}.

Zebrane dane pomiarowe pozwoliły przyjąć, że na stanowisku odprawy na pokład samolotu (boarding) czasy obsługi mają praktycznie stałą wartość.

Dla wyróżnionych stanowisk i kategorii obsługi wykonano szczegółowe pomiary czasów obsługi. Uzyskano próbki o różnych licznościach (*lpr*) w zależności od możliwości technicznych wykonania pomiarów $lpr \in (56, 265)$. Dążono do uzyskania próbki reprezentatywnej dla każdej badanej populacji (zebranie dla każdego przypadku $lpr > 200$ pomiarów (tab. 1).

Tabela 1

Zestawienie parametrów czasów obsługi na poszczególnych stanowiskach w terminalu pasażerskim portu lotniczego Warszawa-Okęcie

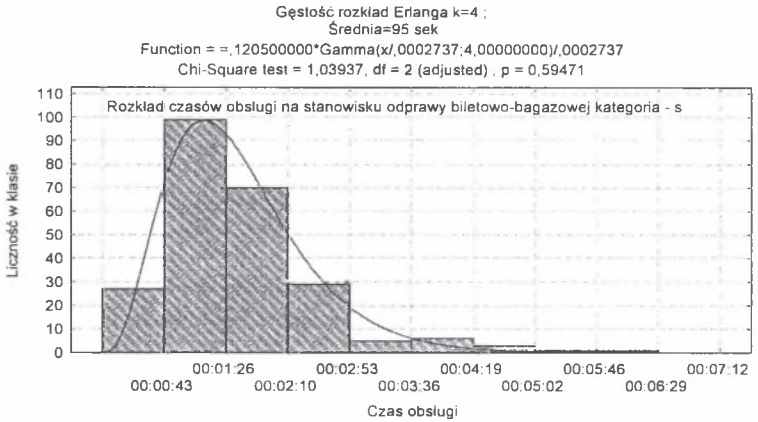
Stanowisko	Liczność próbki *lpr*	Liczba klas	Średni czas obsługi [s]	Odchylenie standardowe [s]	Mediana [s]
B^{bb-sh}	244	15	100	75	85
B^{bb-lh}	256	14	147	86	124
B^{bw-sh}	264	14	24	25	17
B^{bw-lh}	255	14	42	29	35
B^{pa}	250	12	26	16	20
B^{kw}	83	8	32	20	25
B^{bg-dok}	57	7	123	88	111
B^{bg-wyb}	80	7	55	60	39

Źródło: pomiary własne

2. OPERACJA ODPRAWY BILETOWO-BAGAŻOWEJ (*bb*)

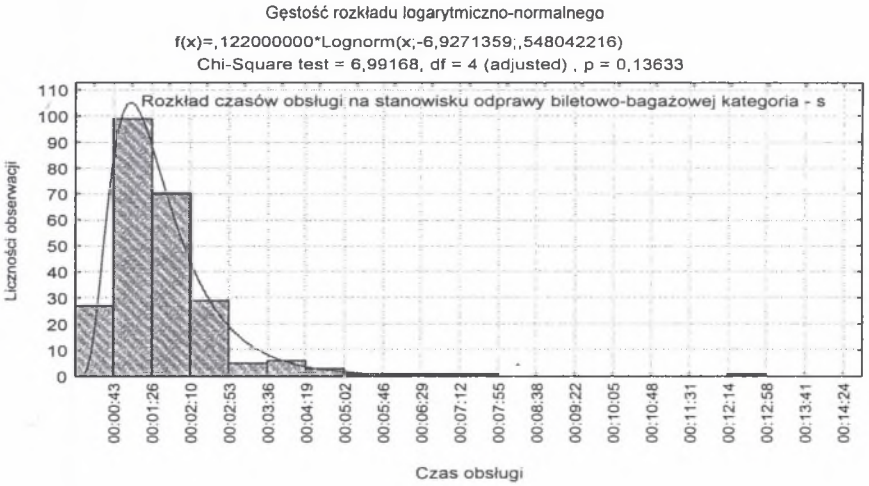
a. Pasażerowie podróżujący rejsami w relacji krótkodystansowej (kategoria *sh*) - B^{bb-sh}

Histogram zmierzonych czasów obsługi (rys.1) dla operacji *bb* (pasażerów *sh*) wskazuje na znaczącą przewagę czasów obsługi w przedziale 80 - 100 s, co powoduje, że moda rozkładu znajduje się w tym zakresie. Rzadziej zdarzają się czasy powyżej 180 s. Weryfikację hipotezy o zgodności z rozkładem Erlanga ($k = 4$; $\lambda = 0{,}0002737$) przy poziomie istotności $\alpha = 0{,}01$ przeprowadzono po usunięciu trzech najdłuższych obsług (pomiarów z próbki potraktowanych jako błąd gruby). Dzięki tej korekcie uzyskano dużą zgodność pomiędzy rozkładami empirycznym i teoretycznym ($p_{value} = 0{,}59$).



Rys. 1. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku odprawy biletowo-bagażowej (*sh*) i dopasowany rozkład Erlanga
Fig. 1. Histogram of service time at check-in (*sh*) and fitted Erlang curve

Rozpatrzono również dopasowanie rozkładu logarytmiczno-normalnego (rys. 2).



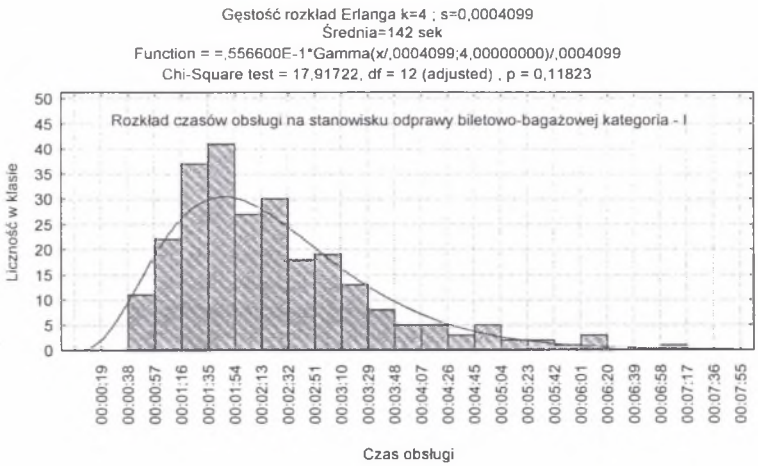
Rys. 2. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku odprawy biletowo-bagażowej (sh) i dopasowany rozkład logarytmiczno-normalny
Fig. 2. Histogram of service time at check-in (*sh*) and fitted logo-normal curve

Z analizy i porównania rozkładów czasów obsługi na stanowisku B^{bb-sh} wynikają następujące wnioski:

- rozkład jest silnie skoncentrowany wokół wartości średniej, mediany,
- usunięcie ostatnich 3 pomiarów z analizowanej próbki umożliwia zmniejszenie liczby klas i lepsze dopasowanie rozkładu (wystąpienie w pomiarach trzech obsług na 200 z czasem obsługi 6 minut nie wpływa na poprawność założenia o przyjęciu rozpatrywanej hipotezy),
- rozkład logarytmiczno-normalny lepiej przybliża rozkład rzeczywistych czasów obsługi na tym stanowisku.

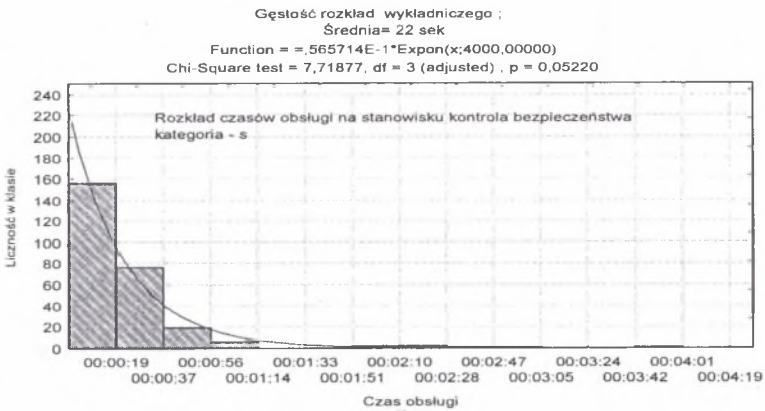
b. Pasażerowie podróżujący rejsami w relacji długodystansowej (kategoria *lh*) - B^{bb-lh}

Pasażerowie rejsów długodystansowych posiadają więcej bagażu, a na stanowisku obsługi *bb* często uzupełnia się dane wymagane przy tego typu podróży (wymagania USA i Kanady). Obsługa tej kategorii pasażerów (*lh*) cechuje się dłuższymi czasami w porównaniu do kategorii *sh*. Weryfikacja hipotezy o zgodności z rozkładem Erlanga (k = 4; λ = 0,0004099) przy poziomie istotności α = 0,01 została przeprowadzona również po usunięcia kilku najdłuższych obsług (rys. 3). Uzyskano zadowalającą zgodność pomiędzy rozkładem empirycznym i teoretycznym (p_{value} = 0,11).



Rys. 3. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku odprawy biletowo bagażowej (*lh*) i dopasowany rozkład Erlanga

Fig. 3. Histogram of service time at check-in (*lh*) and fitted Erlang curve



Rys. 4. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku kontroli bezpieczeństwa (kategoria *sh*) i dopasowany rozkład wykładniczy

Fig. 4. Histogram of service time at security point (*sh*) and fitted exponential curve

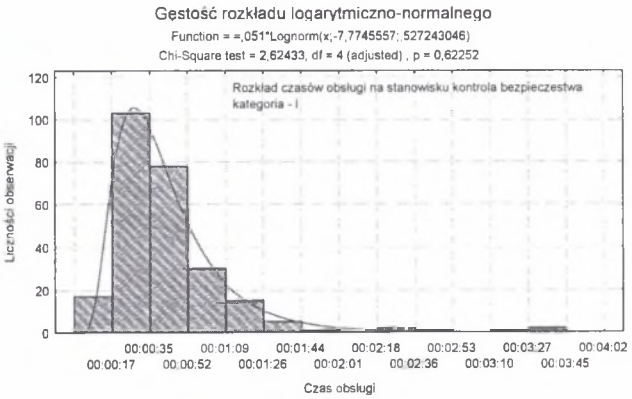
3. OPERACJA KONTROLI BEZPIECZEŃSTWA W TERMINALU (*bw*)

a. Pasażerowie podróżujący rejsami w relacji krótkodystansowej (kategoria *sh*) - B^{bw-sh}

W tym przypadku uzyskano słabą zgodność rozkładów teoretycznych z wynikami pomiarów (rys. 4). Można jedynie przybliżyć (p_{value} = 0,052) wyniki empiryczne rozkładem wykładniczym (λ = 0,000250, co odpowiada czasowi obsługi 22 s). Czasy obsługi powyżej 2 minut odnoszą się do przypadków, kiedy bagaż po kontroli bezpieczeństwa (prześwietleniu zawartości) jest kierowany do dokładniejszego sprawdzenia.

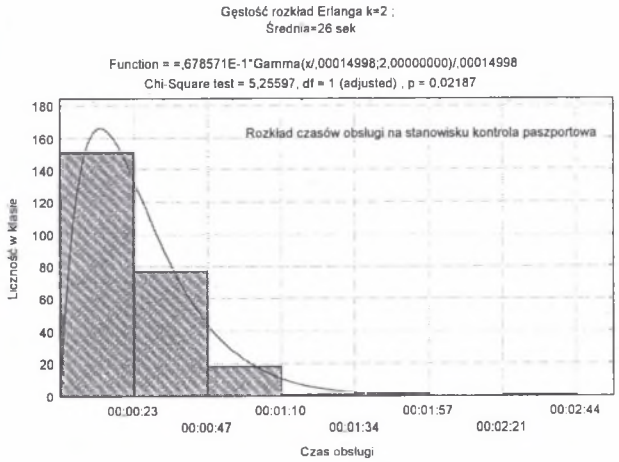
b. Pasażerowie podróżujący rejsami w relacji długodystansowej (kategoria *lh*) - B^{bw-lh}

Analizując czasy kontroli bezpieczeństwa dla pasażerów rejsów długodystansowych (rys. 5) uzyskano dużą zgodność dla rozkładu logarytmiczno-normalnego (p_{value} = 0,62).



Rys. 5. Rozkład empiryczny czasów kontroli bezpieczeństwa (*lh*) i dopasowany rozkład logarytmiczno-normalny

Fig. 5. Histogram of service time at security point (*lh*) and fitted logo-normal curve



Rys. 6. Rozkład empiryczny czasów kontroli paszportowej i dopasowany rozkład Erlanga

Fig. 6. Histogram of service time at passport control point and fitted Erlang curve

4. OPERACJA KONTROLI PASZPORTOWEJ (*pa*) – B^{pa}

W tym przypadku (rys. 6) ze względu na dużą liczbę szybkich obsług dopasowano rozkład Erlanga (k = 2, λ = 0,0001499). Nie udało się dopasować innych rozkładów: wykładniczego lub logarytmiczno-normalnego. Duża liczba wyników pomiarów (>100) przypada na wartości w przedziale 13 - 20 s. Wartość (p_{value} = 0,021) nie jest na wysokim poziomie, jednakże jest akceptowalna.

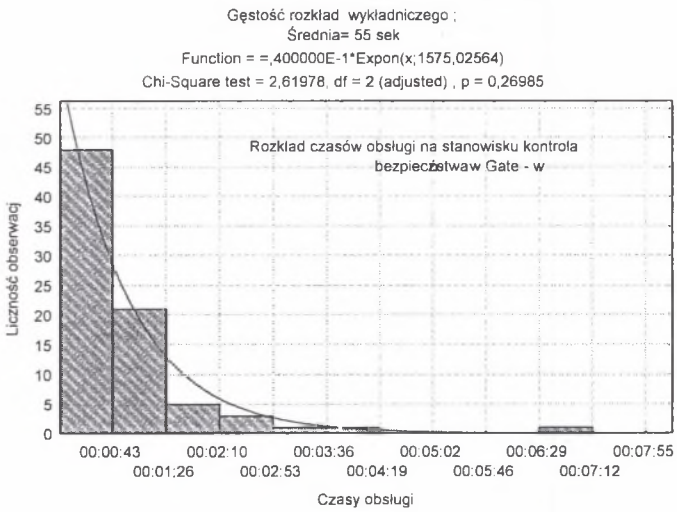
5. OPERACJA KONTROLI BEZPIECZEŃSTWA W GATE (*bg*)

a. Pasażerowie poddani są wybiórczej kontroli bagażu podręcznego (kategoria *wyb*) – B^{bg-wyb}.

Kontrola wybiórcza oznacza, że bagaż podręczny oraz pasażer przechodzący przez kontrolę są rzadko kontrolowani w sposób dokładny (szczegółowy). Rozkład czasów obsługi na stanowisku kontroli wybiórczej (rys.7) najlepiej odpowiada rozkładowi wykładniczemu (λ = 0,000635, p_{value} = 0,27).

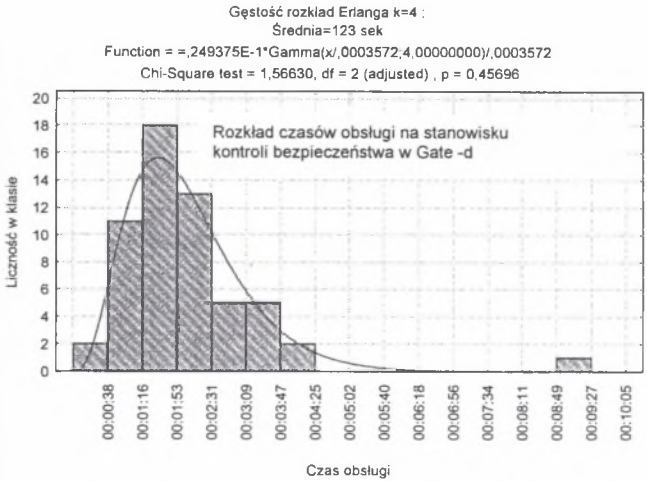
b. Pasażerowie poddani są dokładnej kontroli bagażu podręcznego (kategoria *dok*) – B^{bg-dok}.

Wszyscy pasażerowie kontrolowani są dokładnie. Oczywiście ten przypadek kontroli cechuje się dłuższymi czasami obsługi (rys.8). Rozkład czasów obsługi na stanowisku kontroli dokładnej odpowiada rozkładowi Erlanga (p = 4, λ = 0,0003572), co potwierdza wynik testu χ^2 (p_{value} =0,45).



Rys. 7. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku wybiórczej kontroli bezpieczeństwa (*wyb*) w Gate i dopasowany rozkład wykładniczy

Fig. 7. Histogram of service time at security control at the gate and fitted exponential curve

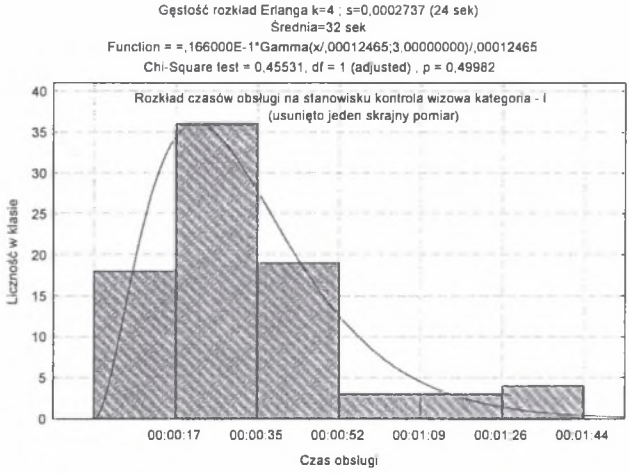


Rys. 8. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku dokładnej kontroli bezpieczeństwa w Gate i dopasowany rozkład Erlanga

Fig. 8. Histogram of service time at security control at the gate (*close check*) and fitted Erlang curve

6. OPERACJA KONTROLI WIZOWEJ (*kw*) – B^{kw}

Kontroli wizowej podlegają pasażerowie odlatujący na trasach długodystansowych (USA, Canada). Do testowania hipotezy o zgodności rozkładów wykorzystano pomiary z próbki pomniejszonej o jeden skrajny pomiar (rys.9). Zgodność uzyskano dla rozkładu Erlanga ($k = 3$, $\lambda = 0{,}0001246$).



Rys. 9. Rozkład empiryczny czasów obsługi na stanowisku kontroli wizowej i dopasowany rozkład Erlanga

Fig. 9. Histogram of service time at documents control point and fitted Erlang curve

7. PODSUMOWANIE

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie wyników testowania hipotez o zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem Gamma w kolejności najlepszych wyników. Dla stanowiska kontroli paszportowej (tab. 2) przyjęcie hipotezy jest dyskusyjne. Jest to jednak jedyne przybliżenie rozkładem teoretycznym, jakie udało się uzyskać.

Przeprowadzone w lipcu 2003 roku pomiary czasów obsługi na poszczególnych stanowiskach w terminalu pasażerskim portu lotniczego Warszawa Okęcie są reprezentatywne dla typowych portów lotniczych. Przeprowadzona analiza stochastyczna i analiza możliwości dopasowania rozkładów teoretycznych była możliwa dzięki podziałowi pasażerów na odpowiednie kategorie. Uzyskane wyniki wykorzystano w modelu symulacyjnym procesu obsługi pasażerów odlatujących.

Tabela 2

Zestawienie wyników testowania hipotez o zgodności rozkładów - $\alpha = 0{,}01$

Stanowisko	Liczność próbki *lpr*	Liczba klas	Parametr *k*	Parametr λ	p_{value}
B^{bb-sh}	241	10	4	0,0002737	0,59
B^{kw}	83	6	3	0,0001246	0,50
B^{bg-dok}	57	16	4	0,0003572	0,46
B^{bg-wyb}	80	11	1	0,000635	0,27
B^{bb-lh}	253	10	4	0,0002737	0,11
B^{bw-lh}	255	23	4	0,0001223	0,11
B^{bw-sh}	264	14	1	0,000250	0,052
B^{pa}	250	7	2	0,000149	0,02

Literatura

1. Kraśnicki-Sokół M.: Badania strumieni zgłoszeń i czasów obsługi w Porcie Lotniczym Warszawa-Okęcie, opracowanie wewnętrzne LOT/PW, Warszawa 2003.
2. Kraśnicki-Sokół M., Malarski M.: Sumaryczny strumień zgłoszeń pasażerów w systemie common check-in w porcie lotniczym. Systemy Transportowe, Zeszyty Naukowe Nr. 1621 PŚl, ss. 263-270, Warszawa 2004.
3. Krysicki W., Bartos J., Dyczka B., Królikowska K., Wasilewski M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach, część 1 i 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
4. Kraśnicki-Sokół M., Malarski M.: Metoda oceny systemu obsługi pasażerów w porcie lotniczym. Badania operacyjne i systemowe 2004 – Zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, ss. 341-348, Warszawa 2004.