

Ocena możliwości zastosowania rozkładu normalnego do opisu wybranych parametrów ruchu drogowego w miastach na przykładzie Radomia

JEL: O18 DOI: 10.24136/atest.2018.419

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówiono podstawowe zagadnienia dotyczące pomiarów natężenia ruchu. Wskazano na istotne problemy wynikające z konieczności realizacji takich pomiarów w odniesieniu do całego obszaru miejskiego. Ponadto istotnym zagadnieniem poruszonym w artykule jest również możliwość wykorzystania rozkładu normalnego do opisu w aspekcie ilościowym natężenia ruchu drogowego w miastach na przykładzie Radomia.

Słowa kluczowe: parametry ruchu drogowego, pomiary natężenia ruchu, rozkład natężenia ruchu.

Wstęp

Aktywność uczestników każdego systemu transportowego jest rozproszona w czasie i przestrzeni oraz charakteryzuje dużą zmiennością czasową i przestrzenną. Wyróżnić można specyficzne okresy tego zróżnicowania w postaci:

- nierównomierności czasowej (szczyty komunikacyjne),
- nierównomierności przestrzennej (zróżnicowanie struktury kierunkowej),
- zróżnicowania rodzajowego użytkowników systemu transportowego (np. struktura rodzajowa pojazdów).

Podstawowym źródłem informacji o aktywności uczestników ruchu drogowego mogą być pomiary i badania ruchu drogowego [4,8]. Dostarczają one danych do wielu analiz, rozważań i decyzji podejmowanych przy okazji zadań związanych z planowaniem, zarządzaniem i projektowaniem poszczególnych elementów układu komunikacyjnego funkcjonującego w całym systemie transportowym [2,3]. Na podstawie analizy wyników z pomiarów i badań ruchu, oprócz uzyskanych danych na temat wielkości i specyfiki ruchu, otrzymujemy również zbiór informacji na temat zjawisk towarzyszących działalności człowieka oraz preferencjach z tym związanych.

Zakres prowadzonych aktualnie w Polsce badań i analiz oraz ich wykorzystanie są bardzo zróżnicowane i zależą od celów ich przeprowadzenia. Podstawowym celem pomiarów i badań ruchu jest uzyskanie istotnych wielkości charakteryzujących funkcjonowanie systemu transportowego oraz o istotne zachowania komunikacyjnych,

które można przypisać do poszczególnych elementów systemu transportowego [2]. Podstawowe cele badań ruchu można określić następująco [4,8]:

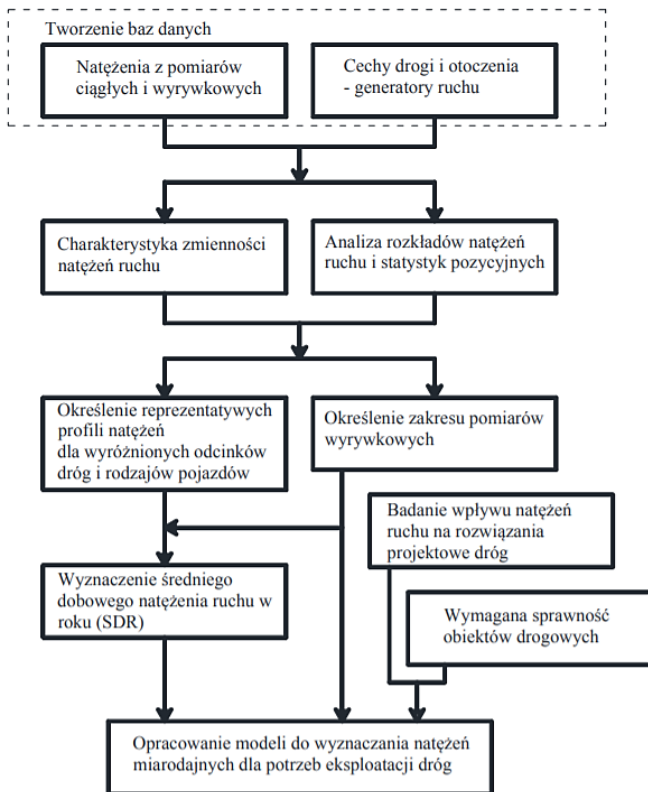
- poznanie i opisanie praw rządzących ruchem,
 - dostarczanie danych do analizy potrzeb ruchowych i tendencji zmian dla obszarów objętych studiami komunikacyjnymi,
 - dostarczanie danych do projektowania i eksploatacji poszczególnych elementów i urządzeń układu komunikacyjnego,
 - analiza ruchu jako zjawiska socjologicznego.
- Uzyskane dane stanowią podstawę licznych opracowań o zróżnicowanym charakterze [2,5]:
- studia transportowe (do planowania systemów transportu miejskiego i zamiejskiego wraz ze sprawdzaniem prognoz),
 - analizy ekonomiczne,
 - projektowanie dróg i ulic,
 - organizacja ruchu,
 - utrzymanie dróg,
 - studia wypadkowości,
 - studia wpływu rozwoju gospodarczego terenu na ruch,
 - określanie hałasu drogowego,
 - inne - związane z ochroną środowiska, zużyciem energii i modelowaniem ruchu.

1 Znaczenie analizy rozkładu natężenia ruchu drogowego w układzie komunikacyjnym miasta

Najczęściej wykonywane pomiary dotyczą określenia natężenia ruchu drogowego. Wykonując te pomiary analizuje się również strukturę rodzajową i kierunkową ruchu. Natężenie ruchu charakteryzuje jego wartość, rozkład, wahania czasowo-przestrzenne, struktura rodzajowa i kierunkowa. Uzyskane dane umożliwiają [2,8]:

- określenia rozkładu ruchu na sieci drogowej,
- określenia obciążenia tras drogowych,
- określenia wykorzystania przepustowości przekrojów drogowych,
- określenia obciążenia nawierzchni,
- określenia tendencji występujących w użytkowaniu dróg,
- określenia zmian wielkości ruchu,
- określenia prognoz ruchowych i kalibracji modeli ruchu.

Wykonywane pomiary natężenia ruchu mogą być podstawą do wykonania zróżnicowanych zadań (rys. 1).



Rys. 1. Zakres zadań możliwych do rozwiązania w oparciu o pomiar natężenia ruchu drogowego, [Splawińska s. 25].

Natężenie ruchu określa się jako wielkość potoku pojazdów lub pojedynczego strumienia ruchu obserwowanego w danym przekroju drogi, usytuowanym na odcinku między skrzyżowaniami lub na wlocie skrzyżowania, która jest wyrażona liczbą pojazdów rzeczywistych (pieszych) lub umownych przejeżdżających rozważany przekrój drogi w określonej jednostce czasu. Najczęściej stosowaną jednostką czasu jest godzina.

W oparciu o uzyskane wyniki pomiarów natężenia ruchu wykonywane są analizy dotyczące rozkładu natężenia ruchu na sieci drogowej wybranego obszaru. Jest szczególnie istotne do zrealizowania zadanie w odniesieniu do układu komunikacyjnego każdego miasta. Jednocześnie duża liczba istniejących elementów składowych układu komunikacyjnego w miastach często uniemożliwia wykonanie kompletnych czasowo i przestrzennie pomiarów ze względu na czasochłonność, pracochłonność i koszty takiego zadania. Brakuje często również czasu na ich wykonanie. Pojawia się zatem pytanie jak można zdobyć niezbędne dane do przygotowywanych do rozwiązania zróżnicowanych zadań transportowych. Jak w oparciu o wyniki wcześniej zrealizowanych pomiarów natężenia ruchu drogowego, często wyrzykowych w czasie i w przestrzeni, można określić szczegółowy rozkład natężenia ruchu oraz jego zmienność na całej sieci transportowej danego miasta.

Pomocą w rozwiązaniu tego problemu mogą okazać się metody analizy statystycznej.

2 Analiza statystyczna potoków ruchu

Analizie statystycznej poddano wyniki pomiarów natężenia ruchu w Radomiu wykonane w ramach projektu *Zintegrowane planowanie transportu zrównoważonego miejskiego Radomskiego Obszaru Funkcjonalnego* (wyniki pomiarów zawiera [1]). Wykorzystano dane pomiarowe z 75 punktów pomiarowych dla których istniały kompletne

dane obejmujące pomiary z trzech dni pomiarowych (28.05.2014 – środa; 29.05.2014 – czwartek, dzień targowy, 31.05.2014 – sobota) w godz. 6.00 do 19.00 z przerwami między godzinami: 10-11, 13-14, co daje 450 potoków ruchu (po 6 dla każdego punktu pomiarowego). Mierzono natężenia 15-minutowe, co daje 44 pomiary dla każdego potoku w jednym dniu pomiarowym. Dla tak uzyskanych wartości zweryfikowano hipotezę, że rozkład 15-minutowych natężeń można opisać rozkładem normalnym. Uzyskane wielkości natężeń wahają się od 0 do 427 poj./15 min, przy czym minimalne natężenia wahają się od 0 do 276 poj./min, maksymalne od 5 do 427 poj./min, rozstęp od 5 do 320 poj./15 min. Średnie natężenie ruchu w odcinkach 15-minutowych waha się od 2,1 do 345,1 poj., odchylenie standardowe od 1,3 do 76,1 poj., współczynnik zmienności od 8,4 do 115,1%, odchylenie ćwiartkowe od 1,0 do 214,5 poj.

2.1 Aparat statystyczny

Do weryfikacji hipotezy o rozkładzie normalnym (hipoteza złożona) wykorzystano 10 testów statystycznych (Tab. 1) wykorzystując, jeśli istniały, modyfikacje testów dla hipotez złożonych. Weryfikacji dokonano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wyróżniono 5 grup testów:

- grupa I – test Shapiro – Wilka (S-W) oparty na statystykach pozycyjnych,
- grupa II – test Eppsa – Pulleya (E-P) oparty na funkcjach charakterystycznych,
- grupa III – test Kołmogorowa – Lillieforsa (K-L),
- grupa IV – testy oparte na statystyce Cramera – von Misesa; modyfikowane testy: Cramera – von Misesa, Watsona, Andersona – Darlinga,
- grupa V – testy kierunkowe: kurtozy (K) i asymetrii (AS).

Jest oczywiste, że nie zawsze uzyskiwano zgodność wszystkich testów co do odrzucenia hipotezy bądź braku podstaw do jej odrzucenia (zbiorcze wyniki dla każdego z testów zamieszczono w tabeli 1). Przyjęto następującą procedurę:

- odrzucono („automatycznie”) hipotezę o normalności rozkładu jeśli co najmniej dla trzech testów nie było podstaw do odrzucenia hipotezy (chyba że trzy testy z trzech grup spośród grup I – IV nie dawały podstaw do odrzucenia hipotezy),
- przyjmowano („automatycznie”) hipotezę o normalności rozkładu jeśli co najmniej dla siedmiu testów nie było podstaw do odrzucenia hipotezy (chyba że trzy testy z trzech grup spośród grup I – IV dawały podstawy do odrzucenia hipotezy),
- w pozostałych przypadkach decyzje podejmowano indywidualnie (jedną z decyzji mogło być stwierdzenie „hipoteza nierozstrzygnięta”).

2.2 Wyniki testów

W wyniku przyjętej procedury stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy, że rozkład 15-minutowych natężeń można opisać rozkładem normalnym w 327 przypadkach (72,7%), odrzucono hipotezę w 98 przypadkach (21,8%) i 25 przypadkach (5,6%) stwierdzono, że wyniki testów nie pozwalają na rozstrzygnięcie o odrzuceniu lub braku podstaw do odrzucenia hipotezy. W 9 przypadkach w wyniku zastosowania procedury z pkt c) stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy, w 1 odrzucono hipotezę.

W tabeli 2 przedstawiono liczbę badanych potoków ruchu, dla których dla n testów jednocześnie ($n = 0, 1, 2, \dots, 10$) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy. Zwróćmy uwagę, że w 53,1% przypadków wszystkie testy nie dawały podstawy do odrzucenia hipotezy a dodatkowo w 11,3% tylko jeden z 10 testów dawał podstawę do odrzucenia hipotezy (zwykle był to jeden z testów kierunkowych).

Tab. 1. Statystyki testowe, obszary krytyczne ($\alpha=0,0$)i zbiorcze wyniki testów dla 450 hipotez statystycznych [opracowanie własne na podstawie [7]]

Oznaczenie	Nazwa testu				
	grupa I Shapiro – Wilka (S-W)	grupa II Eppsa – Pulleya (E-P)	grupa III Kolmogorowa – Lillieforsa (K-L),	grupa V testy kierunkowe kurtozy (K) asymetrii (AS)	
statystyka testowa	$W = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} a_{n-i+1} (X_{n-i+1} - X_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$	$T_{EP} = 1 + \frac{n}{\sqrt{3}} + \left(\frac{2}{n} \sum_{k=2}^n \sum_{j=1}^{k-1} e^{-\frac{(X_j - X_k)^2}{2S^2}} \right) - \sqrt{2} \sum_{j=1}^n e^{-\frac{(X_j - \bar{X})^2}{4S^2}}$	$D_1 = D \left(\sqrt{n} - 0,01 + \frac{0,85}{n} \right)$ $D = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\frac{i}{n} - F(x_i), F(x_i) - \frac{i-1}{n} \right)$ szacowane \bar{x}, \hat{s}	$K = \frac{1}{nS^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$	$G_1 = \frac{1}{nS^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$
obszar krytyczny	$(-\infty; 9,44]$	$[0,373; +\infty)$	$[0,134; +\infty)$	$(-\infty; -0,56]$ $\cup [0,56; +\infty)$	$(0; 2,01]$ $\cup [4,016; +\infty)$
A	117 [26,5%]	104 (23,1%)	101 (22,4%)	99 (22%)	137 (30,4%)
Grupa IV – testy oparte na statystyce Cramera – von Misesa					
	Cramera – von Misesa	Watsona	Andersona – Darlinga		
statystyka testowa	$W_2^2 = W^2 \left(1 + \frac{1}{2n} \right)$ $W^2 = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^n \left(F(X_i) - \frac{2i-1}{2n} \right)^2$ szacowane \bar{x}, \hat{s}	$U_2^2 = U^2 \left(1 + \frac{1}{2n} \right)$ $U^2 = W^2 - n \left(\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F(X_i) \right) - 0,5 \right)^2$ szacowane \bar{x}, \hat{s}	$A_1^2 = \left(A^2 - \frac{0,7}{n} \right) \left(1 + \frac{3,6}{n} - \frac{8}{n^2} \right)$ szacowane \bar{x}, \hat{s}	$A_4^2 = A^2 \left(1 + \frac{3}{4n} + \frac{9}{4n^2} \right)$ szacowane \bar{x}, s	$A_5^2 = A^2 \left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2} \right)$ szacowane \bar{x}, s
obszar krytyczny	$[0,126; +\infty)$	$[0,117; +\infty)$	$[0,787; +\infty)$	$[0,752; +\infty)$	$[0,751; +\infty)$
A	112 (24,9%)	107 (23,8%)	120 (26,7%)	123 (27,3%)	136 (30,2%)

A – liczba i odsetek [%] hipotez odrzuconych

Tab. 2. Liczba potoków ruchu, dla których dla n testów jednocześnie ($n = 0, 1, 2, \dots, 10$) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu

Liczba testów niedających podstawy do odrzucenia hipotezy	Liczba potoków ruchu i udział procentowy	Liczba testów niedających podstawy do odrzucenia hipotezy	Liczba potoków ruchu i udział procentowy	Liczba testów niedających podstawy do odrzucenia hipotezy	Liczba potoków ruchu i udział procentowy
0	30 (6,7%)	4	15 (3,3%)	8	17 (3,8%)
1	34 (7,6%)	5	11 (2,4%)	9	51 (11,3%)
2	20 (4,4%)	6	9 (2,0%)	10	239 (53,1%)
3	13 (2,9%)	7	11 (2,4%)	Σ	450 (100%)

Choć blisko w 73% potoków, nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, że rozkład 15-minutowych natężeń można opisać rozkładem normalnym (z których w ponad 73% przypadków nie było podstaw do odrzucenia hipotezy dla wszystkich 10 testów), to szczególnie interesujące jest, jak rozkładał się wynik testów w poszczególnych punktach pomiarowych. Czy we wszystkich potokach w punktach pomiarowych wyniki testów były zgodne (tzn. dla wszystkich potoków nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, hipotezę należy odrzucić, hipotezę należy odrzucić dla potoków w dniu targowym itp.). Zestawienie takie podaje tabela 3. Zwróćmy uwagę, że istnieje teoretycznie 28 układów (liczba potoków dla których: nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy – wynik nierozstrzygnięty – hipotezę należy odrzucić. W przypadku analizowanych punktów pomiarowych zaobserwowano 12 takich układów. Dla jednego punktu pomiarowego dla wszystkich potoków należy odrzucić hipotezę, dla jednego punktu weryfikacja nierozstrzygnięta w przypadku jednego potoku (4 testy nie dają podstaw do odrzucenia hipotezy) – w pięciu hipotezę należy odrzucić. Zwróćmy uwagę, że jeszcze dla 4 punktów pomiarowych liczba potoków dla których nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy jest mniejsza niż 3. Z wyjątkiem przypadku z wiersza 10 tabeli 3 (dla którego wynosi od 41,2 do 44,5 pojazdów) średnie 15-minutowe natężenie waha się od 2,1 do 7,4 pojazdów (hipotezę o rozkładzie Poissona należy

również odrzucić). Nie jest to jednak cecha wyróżniająca, gdyż dla siedmiu punktów pomiarowych dla co najmniej trzech potoków (od 3 do 5) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy, pomimo że średnie natężenie było na tym samym lub zbliżonym poziomie. W 17 punktach pomiarowych dla wszystkich 6 potoków 15-minutowe natężenia można opisać rozkładem normalnym. Średnie natężenie 15-minutowe dla potoków waha się od 20,9 do 345,1 pojazdów, odchylenie standardowe od 8,8 do 68,9 pojazdów, kwartył dolny wynosi 79,2, mediana 109,2 a kwartył górny 132,3 pojazdy. 3 z tych punktów, to punkty pomiarowe usytuowane na obrzeżach miasta.

Dla 15 punktów pomiarowych zaistniała sytuacja, że dla dokładnie jednego potoku należy odrzucić hipotezę. Uwzględniając jeszcze przypadek, gdy dla dokładnie jednego potoku wynik testowania jest nierozstrzygnięty a dla 5 brak podstaw do odrzucenia hipotezy (we wszystkich takich czterech przypadkach w dla 4 z spośród 10 testów nie było podstaw do odrzucenia hipotezy) liczba punktów pomiarowych, dla których zaistniała taka sytuacja wynosi 19 (25,3%). Gdyby nie tak duża liczba punktów pomiarowych można by przypuszczać, że nastąpiły błędy pomiarowe (choć wszystkie osoby dokonujące pomiarów zostały przeszkolone, to tylko część z nich miała doświadczenie wykonując wcześniej wielokrotnie tego typu pomiary – pracownicy i studenci UTH). Średnie natężenie 15-minutowe dla potoków waha się od 11,5 do 206,9 pojazdów, odchylenie standardowe od 3,8 do 62,4 pojazdów, kwartył dolny wynosi 57,2, mediana 97,9 a kwartył górny 138,2 pojazdy. Jednak tylko dla jednego punktu pomiarowego średnie natężenie jest mniejsze od 17 pojazdów, dla pozostałych jest co najmniej równe 38 pojazdów (kwartył dolny wzrasta wtedy do 66,3 a najniższa wartość odchylenia standardowego do 8,5, inne parametry zmieniają się nieistotnie). Punkt ten leży na obrzeżach miasta (jeszcze 7 punktów pomiarowych zlokalizowana na obrzeżach miasta). Dla 8 punktów pomiarowych odrzucano hipotezę dla potoku ruchu mierzonego w środę (przy czym w 5 przypadkach były to punkty zlokalizowane na obrzeżach miasta), 8 razy w czwartek (dzień targowy) i 3 razy w sobotę.

Spośród 6 punktów pomiarowych, w których dla trzech potoków nie było podstaw do odrzucenia hipotezy i dla 3 hipotezę należało odrzucić (średnie natężenie waha się od 13,2 do 192,7 pojazdów) tylko jeden znajduje się na obrzeżach miasta. Dla pięciu punktów potoki (łącznie 6) niespełniające hipotezy był potokami mierzonym w sobotę (w tym oba potoki w przypadku punktu zlokalizowanego na obrzeżach miasta, dla tego punktu 3 potok był potokiem mierzonym w dniu targowym – czwartek). Również w przypadku 5 punktów pomiarowych potoki niespełniające hipotezy (łącznie 8) mierzone były w środę (w tym w trzech punktach potoki w obu kierunkach). Pozostałe 4 potoki mierzone były w dniu targowym (czwartek, po jednym potoku na punkt).

Wśród 24 punktów pomiarowych, dla których dla 4 potoków nie było podstaw do odrzucenia hipotezy (wiersze 4 i 5 tabeli 3) znajdują się punkty pomiarowe zlokalizowane zarówno na obrzeżach miasta jak i na głównych arteriach (skrzyżowaniach). Średnie natężenie jest bardzo zróżnicowane (od 3,6 do 314,4 pojazdów, odchylenie standardowe od 2 do 62,9, kwartył dolny 42,3, mediana 94,2 kwartył górny 139,2). Trudno też znaleźć jakąś prawidłowość jeśli chodzi o dzień tygodnia. W 21 punktach pomiarowych odrzucono hipotezę dla potoku mierzonego w pierwszym dniu pomiarowym (środe) i w 20 punktach tylko w jednym z dwu kierunków. Punktami, w których dla potoków nie było podstaw do odrzucenia hipotezy były: punkt na miejskim odcinku DK7 (średnie natężenie 128 i 139 pojazdów) oraz dwa punkty pomiarowe w obrębie jednego z głównych skrzyżowań w mieście – Wierzbicka-Wjazdowa (średnie natężenie 106,9; 195,5; 192 i 178,8 pojazdów). W czternastu punktach odrzucono hipotezę dla potoków mierzonych w dzień targowy (czwartek), przy czym tylko jeden raz dla obu kierunków (na wzmiankowanym wyżej miejskim odcinku DK7; więc dla dziesięciu punktów była zgodność wyników testowania dla obu kierunków). Natomiast dla pomiarów dokonywanych w sobotę wynik negatywny dla hipotezy uzyskano dla 9 punktów pomiarowych, w tym dla jednego w obu kierunkach (jest to jeden z wyżej wzmiankowanych punktów na skrzyżowaniu Wierzbicka-Wjazdowa; skrzyżowanie to ma dość specyficzny układ pasów ruchu; oznacza to również, że dla 15 punktów pomiarowych uzyskano zgodność testowania dla potoków ruchu mierzonych w sobotę dla obu kierunków).

Tab. 3. Liczba punktów pomiarowych, dla których dla ustalonej liczby potoków odrzucono i nie odrzucono hipotezy o normalności rozkładu

Lp.	Liczba potoków ruchu w punkcie pomiarowym dla których:			Liczba punktów pomiarowych i udział procentowy	
	nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy	wyniki testów nie pozwalają na rozstrzygnięcie	hipotezę odrzucono		
1	6	0	0	17	22,7%
2	5	1	0	4	5,3%
3	5	0	1	15	20,0%
4	4	1	1	12	16,0%
5	4	0	2	12	16,0%
6	3	1	2	4	5,3%
7	3	0	3	6	8,0%
8	2	1	3	1	1,3%
9	1	2	3	1	1,3%
10	1	1	4	1	1,3%
11	0	1	5	1	1,3%
12	0	0	6	1	1,3%

Spośród 75 punktów pomiarowych 20 punktów zlokalizowanych było na obrzeżach gminy miasta Radom. Można więc uznać, że ruch w tych punktach nie był ruchem stricte miejskim – ruch „do” i „z” Radomia oraz ruch tranzytowy. 6 z tych punktów zlokalizowane było na drogach krajowych, 4 na drogach wojewódzkich o istotnym znaczeniu międzyregionalnym. Średnie 15-minutowe natężenie ruchu dla potoków ruchu dla tych 10 punktów pomiarowych waha się od 28,1 do 206,9 pojazdów, odchylenie standardowe od 8,5 do 58,4, mediana od 26,0 do 202,0, rozstęp od 34 do 272 pojazdów, współczynnik

zmienności od 11,3% do 38,0% a łączna liczba pojazdów (dla 11 godzin pomiarowych) od 1235 do 9105 pojazdów – średnia z trzech dni pomiarowych dla obu kierunków od 3033 do 16703 pojazdów. Wartość najwyższą zaobserwowano na DK7 – na punkcie pomiarowym na miejskim odcinku DK7 zaobserwowano ponad 23 tys. pojazdów, drogi DK9 ponad 21 tys. (5,7 tys. na odcinku pozamiejskim) a drogi DK12 15,5 tys. (9,8 tys. na odcinku pozamiejskim). Dla tych 10 punktów pomiarowych tylko dla 6 mierzonych potoków (10%) należało odrzucić hipotezę o normalności rozkładu, dla 2 (3,3%) wnioskowanie uznano za nierozstrzygnięte, a w 52 przypadkach (86,7%) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy. Tylko w jednym z tych punktów dla 4 potoków nie było podstaw do odrzucenia hipotezy (1 odrzucono i 1 brak rozstrzygnięcia), w pozostałych punktach dla co najmniej 5 potoków (na 6 badanych) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy. Spośród 6 potoków dla których odrzucono hipotezę i 2 dla których brak rozstrzygnięcia 7 potoków mierzono w pierwszym dniu pomiarowym (środa) a jeden w drugim dniu pomiarowym. Zdecydowanie inaczej wygląda sytuacja dla pozostałych 10 punktów pomiarowych zlokalizowanych na obrzeżach gminy. W tym przypadku aż w 45% badanych potoków (27 potoków) należało odrzucić hipotezę tj. 27,6% wszystkich potoków dla których odrzucono hipotezę, gdy punkty te stanowią 13,3% punktów pomiarowych; zwróćmy uwagę, że spośród 98 potoków ruchu dla których odrzucono hipotezę 40 (40,8%) mierzono pierwszego dnia pomiarowego, 35 (35,7%) drugiego dnia pomiarowego a 23 (23,5%) trzeciego dnia pomiarowego – tak więc 27 potoków z ww. punktów pomiarowych stanowi 67,5% wszystkich potoków z pierwszego dnia pomiarowego, dla których odrzucono hipotezę, w 10% (6 potoków) wnioskowanie nierozstrzygnięte i w 45% (27 potoków) nie było podstaw do odrzucenia hipotezy. Średnie 15-minutowe natężenia są zdecydowanie niższe (wahają się od 2,1 do 17,5 pojazdów, odchylenie standardowe od 1,3 do 9,0, mediana od 2,0 do 17,0, odchylenie ćwiartkowe od 1,0 do 15,0, rozstęp od 5 do 46 pojazdów, współczynnik zmienności od 24,6% do 115,1%, a łączna liczba pojazdów dla 11 godzin pomiarowych od 93 do 769 – średnia z trzech dni pomiarowych od 279 do 1375 dla obu kierunków).

Podsumowanie

Prognozowanie ruchu od wielu lat jest istotnym elementem badań dotyczących systemów transportowych. Wynika to z zainteresowania dostępnością do możliwości przewidywania występujących wielkości np. natężenia ruchu, jego rozkładu przestrzennego i czasowego bez konieczności wykonywania czasochłonnych i pracochłonnych pomiarów a następnie analizy otrzymanych wyników, które również wymagają czasu do ich opracowania. Pojawia się zatem potrzeba wykorzystania dostępnych metod z zakresu analizy statystycznej.

Krótkoterminowe prognozowanie ruchu na podstawie danych przeszłych o natężeniu ruchu należy do dynamicznie rozwijających się problemów badawczych. Przedstawione w artykule analizy pokazują, że istnieje możliwość prognozowania wielkości i specyfiki rozkładu natężenia ruchu w oparciu o analizę statystyczną potoków ruchu.

Bibliografia

1. Ciszewski T., Dębowska-Mróz M., Ferensztajn-Galardos E., Grad B., Krajewska R., Łukasik Z., Rogowski A., Wojciechowski W. 2014, *Analiza przemieszczeń i preferencji komunikacyjnych na obszarze ROF opracowanie zespołu UTH Radom* (umowa NR 1/KM4/2014 z dnia 21 maja 2014 r. między SITK Oddział w Krakowie a UTH w Radomiu) w ramach projektu *Zintegrowane planowanie transportu zrównoważonego miejskiego Radomskiego Obszaru Funkcjonalnego* (umowa MPU-II/3302/4/2014 z dnia

- 22.04.2014 r. między Miejską Pracownią Urbanistyczną w Radomiu a SITK Oddział w Krakowie), materiał niepublikowany.
2. Dębowska-Mróz M., Wójcik E., Kacprzak M., *Analiza rozkładu natężenia ruchu w układzie ulicznym Radomia*, Logistyka 3/2012, s. 447-458.
 3. Dębowska-Mróz M., Rogowski A., *Analiza zmian natężenia ruchu drogowego na wybranych ciągach komunikacyjnych w Radomiu*, Technika Transportu Szynowego – koleje, tramwaje, metro 10 (2013), s. 2953 – 2968, ISSN 1232-3829.
 4. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, WKiŁ Warszawa 2011.
 5. Pamuła T, Król A., *Statystyczny model monitorowania ruchu drogowego*, ZN Politechniki Śląskiej, Seria Transport z 65, 2009.
 6. Spławińska M., Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych, Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, 2013.
 7. Rogowski A., *Podstawy metod probabilistycznych w transporcie*, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydawnictwo 2012, ISSN 1642-5278.
 8. Tracz M. (red.), *Pomiary i badania ruchu drogowego*, WKiŁ Warszawa 1984.

Assessment of the possibilities of using the normal distribution to the description of select parameters of the road traffic in cities on the example of Radom

The article discusses the basic issues related to traffic volume. Significant problems resulting from the necessity of such measurements in relation to the entire urban area were pointed out. Moreover, an important issue raised in the article is also the possibility of using the normal distribution to describe the volume of road traffic in cities on the example of Radom.

Keywords: traffic parameters, traffic volume measurements, traffic flow distribution.

Autorzy:

dr inż. **Marzena Dębowska-Mróz** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, e-mail: m.mroz@uthrad.pl, tel. 483617785

dr **Ewa Ferensztajn-Galardos** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, e-mail: e.ferensztajn@uthrad.pl, tel. 483617759

dr **Renata Krajewska** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, e-mail: r.krajewska@uthrad.pl, tel. 483617759

dr hab. inż. **Andrzej Rogowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, e-mail: a.rogowski@uthrad.pl, tel. 4836177056