

Aleksander SOBOTA

## PRĘDKOŚĆ A NATĘŻENIE RUCHU NA DRODZE WIELOPASOWEJ

**Streszczenie.** Celem artykułu jest analiza zależności pomiędzy natężeniem ruchu a prędkością na drodze wielopasowej. W pracy zaprezentowano analizę korelacji tych dwóch zmiennych.

## SPEED AND TRAFFIC VOLUME ON THE MULTILANE HIGHWAY

**Summary.** The analysis of relationship between traffic volume and speed on the multilane highway is a subject of this article. In the article was presented the analysis of correlation of this variables.

### 1. WPROWADZENIE

Opis związków pomiędzy natężeniem ruchu a prędkością – czyli parametrów ruchu, które w istotny sposób wpływają na funkcjonowanie, bezpieczeństwo oraz warunki ruchu drogowego – był przedmiotem wielu rozważań [1,2,3,4,5,6,7]. Związek pomiędzy tymi zmiennymi sformułowany został na fundamentalnym wykresie ruchu pojazdów [3]. Wykres ten ilustruje nie tylko zależności pomiędzy prędkością i natężeniem, ale także pomiędzy gęstością i natężeniem oraz gęstością i prędkością. Zależności opisane na fundamentalnym wykresie ruchu pojazdów są podstawą teorii inżynierii ruchu, odwzorowując wszystkie sytuacje ruchowe na drogach (zatory, ruch swobodny).

W artykule przedstawiono wyniki badań i analiz natężenia ruchu, średniej prędkości oraz odstępów między pojazdami na drodze wielopasowej.

### 2. OBSZAR BADAWCZY, DANE

Jako obszar badawczy wybrano przekrój drogi wielopasowej z szerokim pasem dzielącym o trzech pasach ruchu w każdym kierunku. Badany przekrój znajduje się na Drogowej Trasie Średnicowej (DK 79 i DW 902) [9]. Droga ta została zaprojektowana dla prędkości 70 [km/h] [10] i jest klasy GP. Wybór ten nie był przypadkowy. DTŚ przebiega w otoczeniu centrów wielu miast zachodniej i centralnej części aglomeracji katowickiej (w przyszłości również wschodniej), dlatego jest jednym z podstawowych elementów sieci drogowej tego obszaru. Obsługuje głównie ruch wewnętrzny aglomeracji. Tranzyt stanowi

ok. 12% ruchu samochodowego [10]. Katowicki odcinek tej trasy jest szczególnie ważny dla funkcjonowania systemu drogowego aglomeracji, ponieważ stanowi jego „wąskie gardło” (obsługa potoków pojazdów od strony Gliwic i Bytomia oraz Jaworzna i Warszawy). Zdecydowano się dokonać analizy ruchu w przekroju tunelu w Katowicach. Tunel oddano do użytku w grudniu 2006 roku. W związku z tym analiza prędkości i natężenia po 15 miesiącach od momentu uruchomienia tego odcinka drogi powinna dać miarodajne wyniki.

Dane pomiarowe uzyskano dzięki uprzejmości Miejskiego Zarząd Ulic i Mostów w Katowicach, który jest organem zarządzającym Katowickim odcinkiem DTŚ. Prędkość i natężenie zostały zliczane automatycznie w okresie jednego miesiąca.

### 3. ANALIZA

Danymi wejściowymi do dalszych analiz są następujące zmienne:

- średnia dobową prędkość pojazdów,
- natężenie ruchu definiowane jako wielkość potoku lub pojedynczego strumienia ruchu obserwowanego w danym przekroju drogi, który jest wyrażany liczbą pojazdów rzeczywistych lub umownych przejeżdżających rozważany przekrój w jednostce czasu (w tym przypadku na dobę) [3].

Analizę wykonano dla każdego kierunku ruchu z podziałem na pasy ruchu. Pierwszy to wlot z kierunku Warszawy i Jaworzna – nawa północna tunelu (KT1). Drugi to wlot z kierunku Gliwic i Bytomia – nawa południowa tunelu (KT2). Podziału na pasy ruchu dokonano na podstawie wartości prędkości średniej, co zaprezentowano w tablicy 1.

Tablica 1

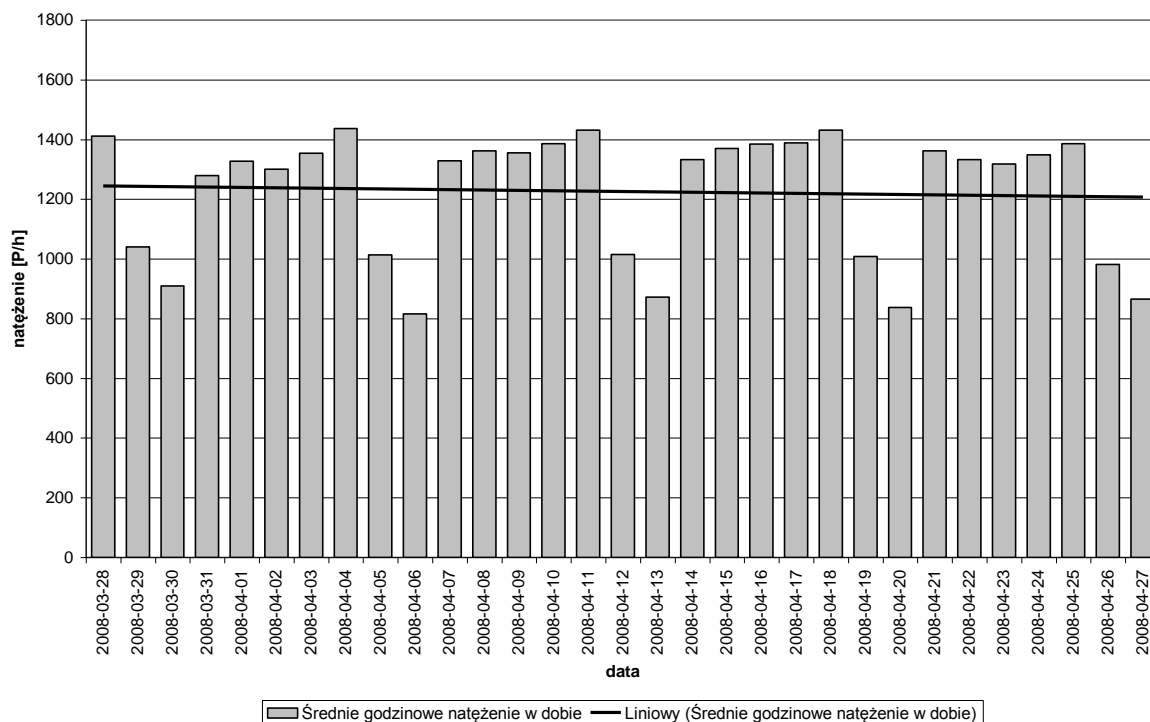
Średnia prędkość pojazdów z podziałem na pasy ruchu

	Średnia prędkość w dobie [km/h]		
	Pas lewy	Pas środkowy	Pas prawy
Nawa północna (KT1)	75,7	69,6	61,9
Nawa południowa (KT2)	74,1	77,1	67,3

Zródło: Opracowanie własne

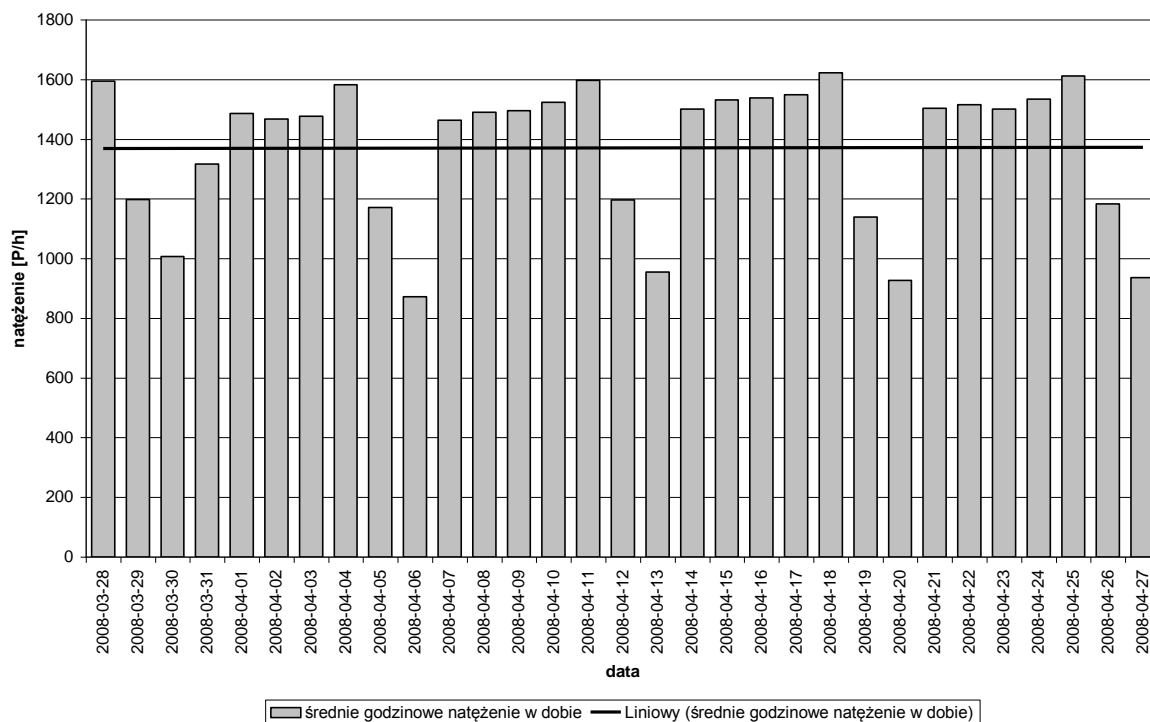
Zdaniem autora różnice pomiędzy średnimi wartościami prędkości na pasach są duże. Na nawie północnej różnica pomiędzy prędkością na pasie lewym i prawym to 13,8 [km/h]. Ponadto, średnia prędkość na pasie środkowym nawy południowej jest większa niż na pasie lewym (na nawie północnej jest odwrotnie). W związku z tym korelowanie zmiennych bez podziału na pasy ruchu byłoby błędem merytorycznym.

Na rysunkach 1 i 2 zaprezentowano średnie godzinowe natężenie ruchu na dobę.



Rys. 1. Średnie godzinowe natężenie ruchu na dobę na nawie północnej (KT1)

Fig. 1. The average hourly traffic volume in twenty four hours of north nave (KT1)



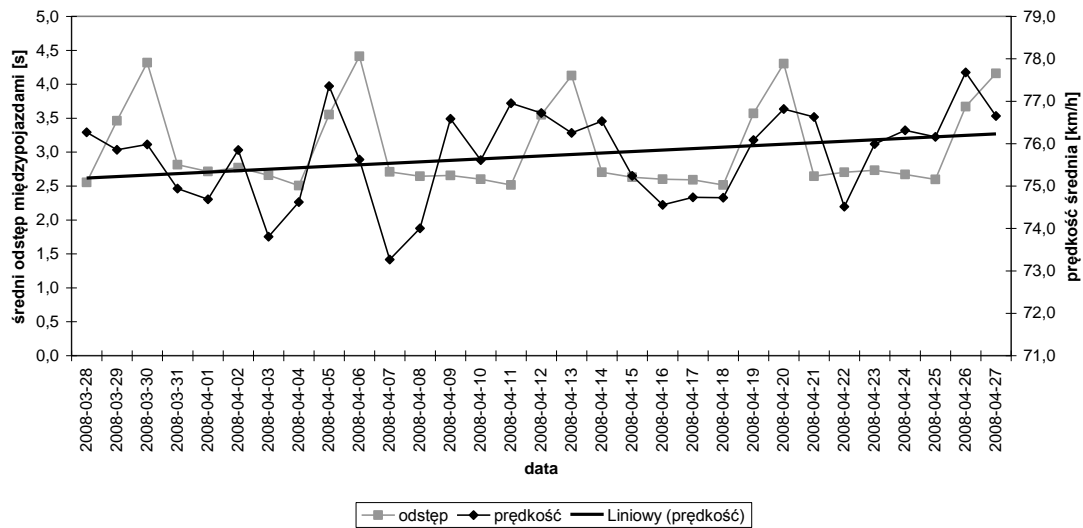
Rys. 2. Średnie godzinowe natężenie ruchu na dobę na nawie południowej (KT2)

Fig. 2. The average hourly traffic volume in twenty four hours of south nave (KT2)

Na histogramach średniego godzinowego natężenia ruchu na dobę zaobserwowano znaczne jego spadki w dniach wolnych od pracy (soboty i niedziele). Warto podkreślić, że ta tendencja powtarza się w całym okresie pomiarowym regularnie. Co więcej, średnie godzinowe natężenia ruchu na dobę cyklicznie (co tydzień) przyjmuje zbliżoną do siebie

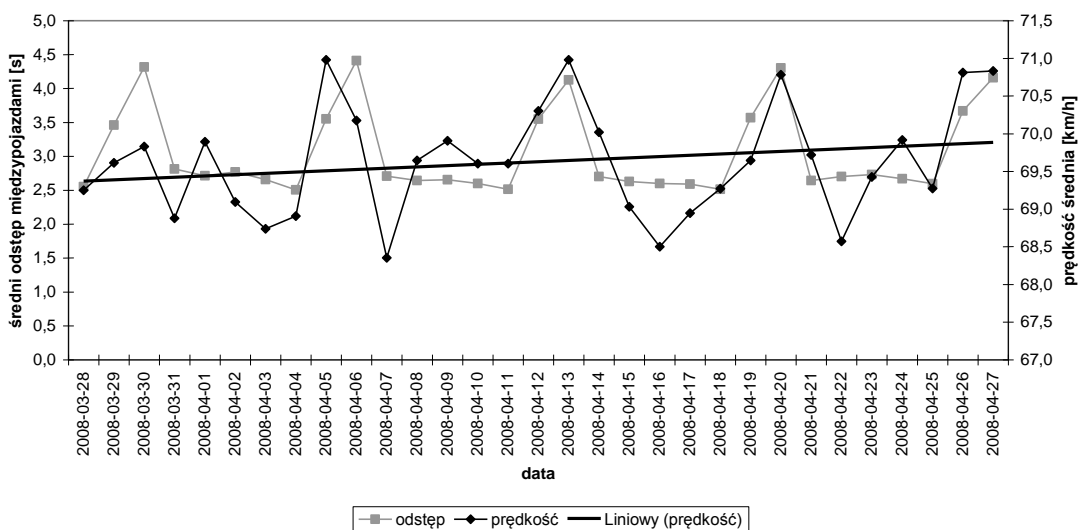
wartość. Dowodem na to jest prosta regresji obliczona dla nawy południowej (KT2), która przebiega równoległe do osi odciętych. W przypadku nawy północnej (KT1) natężenie ruchu na początku okresu pomiarowego jest nieco większe aniżeli na końcu.

Na rysunkach 3 ÷ 5 przedstawiono zmiany średniego odstęp między pojazdami oraz średniej prędkości godzinowej na dobę dla nawy północnej, a dla nawy południowej zaprezentowano na rysunkach 6 ÷ 8.



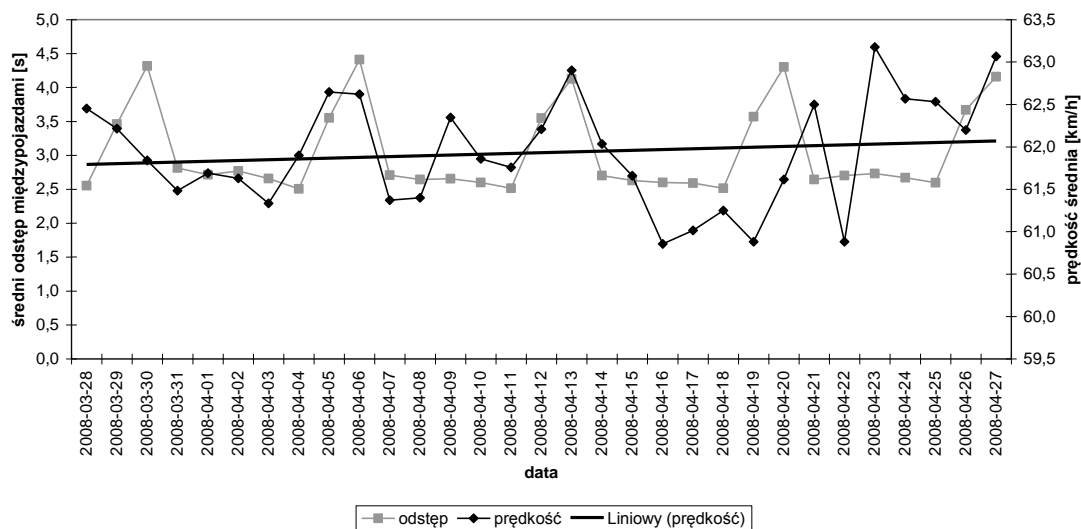
Rys. 3. Zależność średniego odstęp między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie lewym nawy północnej (KT1)

Fig. 3. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the left line of north nave (KT1)



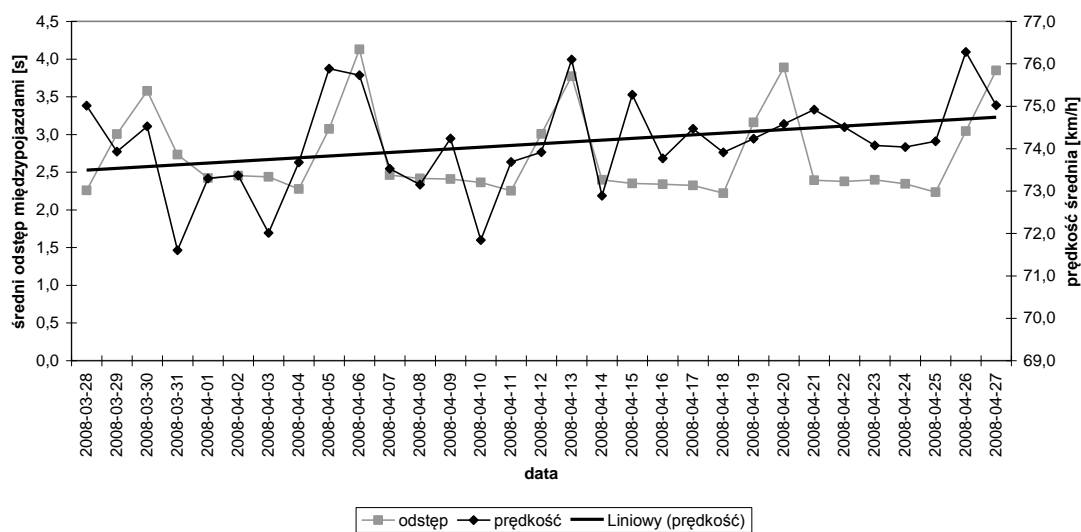
Rys. 4. Zależność średniego odstęp między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie środkowym nawy północnej (KT1)

Fig. 4. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the middle line of north nave (KT1)



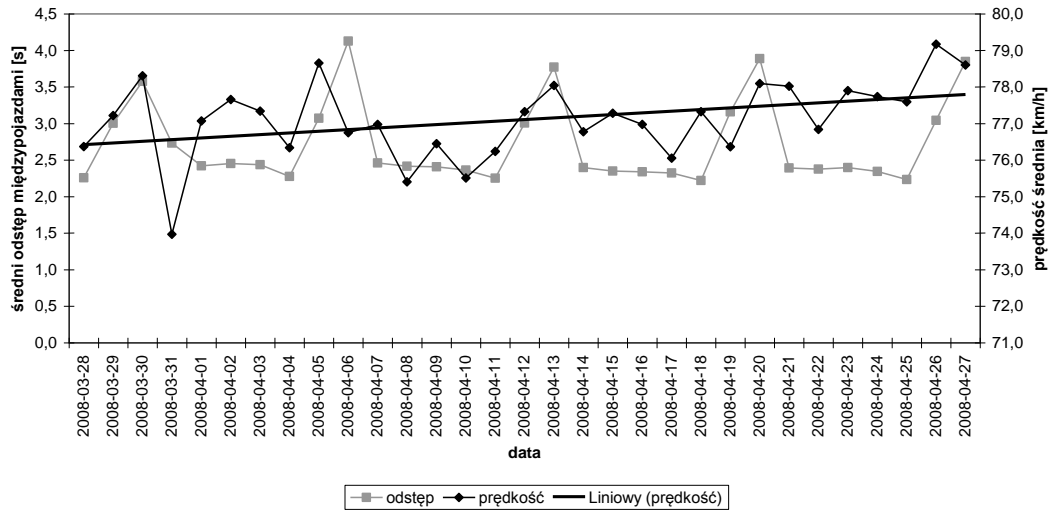
Rys. 5. Zależność średniego odstępu między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie prawym nawy północnej (KT1)

Fig. 5. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the right line of north nave (KT1)



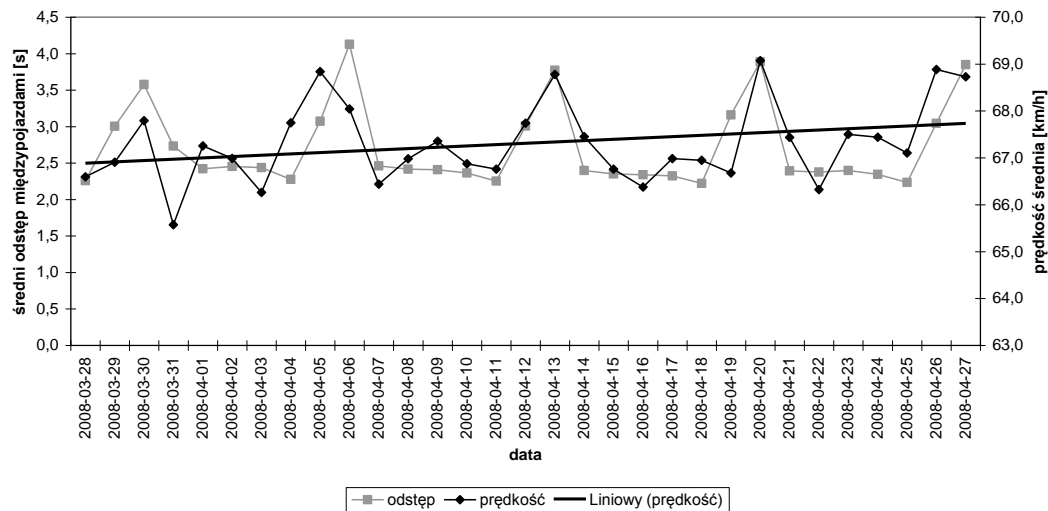
Rys. 6. Zależność średniego odstępu między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie lewym nawy południowej (KT2)

Fig. 6. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the left line of south nave (KT2)



Rys. 7. Zależność średniego odstępu między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie środkowym nawy południowej (KT2)

Fig. 7. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the middle line of south nave (KT2)



Rys. 8. Zależność średniego odstępu między pojazdami i średniej prędkości godzinowej na dobę na pasie prawym nawy południowej (KT2)

Fig. 8. The relationship of average distance between vehicles and average hourly speed in twenty four hours on the right line of south nave (KT2)

Na przedstawionych rysunkach jedną z osi rzędnych zdefiniowano jako średni odstęp między pojazdami wyrażony w sekundach. Wartość tę obliczono z zależności:

$$D = \frac{1}{Q} \cdot 3600[s] \quad (1)$$

gdzie:

D – średni odstęp między pojazdami [s],

Q – natężenie ruchu [P/h].

Na podstawie zaprezentowanych rysunków stwierdzono, że średnia prędkość w analizowanym okresie wzrosła o ok. 1 [km/h]. Taki stan zanotowano na wszystkich pasach ruchu. Odnotowano także dużą korelację obu zmiennych w weekendy (zwłaszcza w niedziele) w stosunku do pozostałych dni tygodnia. Wzmiankowana sytuacja wystąpiła na pasie środkowym nawy północnej oraz prawym nawy południowej. Niemniej jednak dokładniejsza ocena współzależności obu zmiennych wymaga wyliczenia współczynników korelacji [10]:

- **współczynnik korelacji liniowej** wyznacza się z zależności [10]:

$$r(X,Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

gdzie:

$n$  – liczba obserwacji,  
 $\bar{x}, \bar{y}$  – średnie arytmetyczne zmiennych, odpowiednio X oraz Y.

Współczynnik korelacji liniowej jest obliczany w wyniku standaryzacji kowariancji i przyjmuje wartości z przedziału:  $\langle -1, 1 \rangle$ . Znak współczynnika korelacji informuje o kierunku korelacji, a wartość (moduł) o sile związku [10]:

$|0 - 0,4|$  – słaba korelacja,  
 $|0,4 - 0,7|$  – umiarkowana korelacja,  
 $|0,7 - 1|$  – silna korelacja,

- **współczynnik determinacji liniowej** [10]  $r^2(X,Y)$  jest to kwadrat współczynnika korelacji liniowej. Informuje o tym, jaka część zmiennej zależnej (objaśnianej) Y jest wyjaśniona przez zmienność zmiennej objaśniającej.

Wyniki obliczeń współczynnika korelacji liniowej i współczynnika determinacji liniowej zaprezentowano w tabelicy 2.

Tablica 2

Wartości współczynnika korelacji liniowej i determinacji liniowej na nawie północnej i nawie południowej tunelu w Katowicach z podziałem na pasy ruchu

		Współczynnik korelacji liniowej	Ocena współczynnika korelacji liniowej	Współczynnik determinacji liniowej
Nawa północna	Pas lewy	0,454	umiarkowana korelacja	0,206
	Pas środkowy	0,715	umiarkowana korelacja	0,512
	Pas prawy	0,331	słaba korelacja	0,109
Nawa południowa	Pas lewy	0,457	umiarkowana korelacja	0,209
	Pas środkowy	0,382	słaba korelacja	0,146
	Pas prawy	0,643	umiarkowana korelacja	0,413

Źródło: Opracowanie własne

Tablica 2 potwierdza spostrzeżenia autora dotyczące wyższej korelacji średniej prędkości godzinowej na dobę i odstępów między pojazdami na pasie środkowym nawy

północnej i prawym pasie nawy południowej w stosunku do pozostałych wartości. Na lewym pasie nawy północnej oraz lewym pasie nawy południowej także oceniono współczynnik korelacji liniowej na poziomie umiarkowanym, niemniej jednak wartość ta jest dużo niższa niż na środkowym pasie nawy północnej oraz prawym pasie nawy południowej. Na pasie prawym nawy północnej i pasie środkowym nawy południowej korelacja jest słaba. Wartości współczynników determinacji liniowej są proporcjonalne do współczynnika korelacji.

### 3. WNIOSKI

Z powyższych analiz wynika, że współzależność średniego odstępów między pojazdami i średniej prędkości godzinowej w dobie jest umiarkowana bądź słaba. Powodem takiego stanu jest małe dopasowanie się tych zmiennych w dniach roboczych (od poniedziałku do piątku), co spowodowane jest większym natężeniem ruchu w te dni. Dużą korelację tych zmiennych zaobserwowano w weekendy, kiedy natężenie ruchu jest mniejsze. Obserwacje te są zgodne z zależnością pomiędzy natężeniem ruchu i prędkością przedstawioną w [4, 5].

#### Literatura

1. Buszma E.: Podstawy inżynierii ruchu drogowego. WKŁ, Warszawa 1971.
2. Chodur J.: Funkcjonowanie skrzyżowań drogowych w warunkach zmienności ruchu. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
3. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999.
4. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board Special Report 209, Washington, D. C. 1994.
5. Highway Capacity Manual 2000, Transportation Research Board, Highway Capacity Committee, Washington, D. C. 2000.
6. Mensebach W.: Podstawy inżynierii ruchu drogowego. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.
7. Suchorzewski W.: Wybrane zagadnienia inżynierii ruchu. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1971.
8. Witryna internetowa Drogowej Trasy Średnicowej z dnia 20.01.2008 r.  
[http://www.dts-sa.pl/HTML/tunel\\_pod\\_rondem.html](http://www.dts-sa.pl/HTML/tunel_pod_rondem.html)
9. Wykaz dróg krajowych zgodny z Zarządzeniem Nr 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 12 grudnia 2006 r.  
[http://www.gddkia.gov.pl/article/drogi\\_i\\_mosty/drogi\\_krajowe//index.php](http://www.gddkia.gov.pl/article/drogi_i_mosty/drogi_krajowe//index.php)
10. Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S.: Metody statystyczne. Zadania i sprawdziany. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Romuald Szopa