

Jakub HAŁAT¹

Opiekun naukowy: Andrzej MACZYŃSKI², Marcin HONKISZ³

WSTĘPNA OCENA STACJI WIM ZAINSTALOWANEJ NA STANOWISKU DYDAKTYCZNO-NAUKOWYM ITS

Streszczenie: Stacje WIM (Weigh-In-Motion) służą do preselekcji pojazdów przeciążonych i są istotnym elementem systemu służącego eliminacji tego typu pojazdów z ruchu. W referacie przedstawiono analizę poprawności działania stacji WIM wchodzącej w skład stanowiska dydaktyczno-naukowego ITS zainstalowanego na terenie ATH w Bielsku-Białej. Badano między innymi wpływ warunków pogodowych na wyniki pomiarów.

Słowa kluczowe: pomiar w ruchu, stacja WIM

PRELIMINARY EVALUATION OF WIM STATION INSTALLED ON THE ITS RESEARCH AND DIDACTIC STAND

Summary: Weigh-In-Motion stations are used for preselection of overloaded vehicles and they are an important element of the system used to eliminate this type of vehicles from traffic. The paper presents an analysis of the correctness of the WIM station which is part of the ITS stand installed at the ATH. Among other things, the influence of weather conditions on the obtained measurement results was investigated.

Keywords: Weigh in motion, WIM station

1. Wprowadzenie

Dużym, często niedocenianym problemem występującym w ruchu drogowym jest użytkowanie pojazdów przeciążonych. tzn. pojazdów, których masa całkowita i/lub naciski na osie są większe od dopuszczalnych. W sposób oczywisty wpływają one negatywnie na stan infrastruktury drogowej, zarówno samej jezdni, jak i obiektów

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Zarządzania i Transportu, kierunek: Transport, specjalność: Komputerowe wspomaganie w transporcie, kuba.halat@gmail.com

² dr hab. inż. prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Zarządzania i Transportu, amaczynski@ath.eu

³ mgr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Zarządzania i Transportu, mhonkisz@ath.eu

inżynierskich typu mosty, wiadukty, estakady [1]. Przyjmuje się, że degradacja nawierzchni jezdni w zależności od przekroczenia dopuszczalnego nacisku osi ma charakter funkcji nieliniowej czwartego stopnia. Najnowsze badania przeprowadzone przez OECD/ITF Transport Research Committee [2] i European Long-Life Pavement ELLPAG [3] wykazały, że w przypadku niektórych typów dróg i ich nawierzchni przyjmowany współczynnik może być jednak niedoszacowany. Zdaniem ekspertów raportu w przypadku nawierzchni asfaltowych może on wynosić 5, a betonowych nawet 12. Biorąc pod uwagę nowe obliczenia, przejazd jednego pojazdu ciężarowego po asfalcie może być równy blisko 3,2 mln przejazdów samochodów osobowych, a w przypadku nawierzchni betonowych przejazd jednego pojazdu ciężarowego odpowiada 20^{12} przejazdów samochodów o średnim obciążeniu 5 kN/os [4]. Ze statystyk wynika, że średnio co trzeci samochód ciężarowy wykazuje przeciążenie rzędu 10–50%. Przy założeniu, iż 1/3 wszystkich pojazdów ciężkich przekracza dopuszczalne normy o 20%, żywotność nawierzchni ulega skróceniu od 50% do całkowitego zniszczenia. Przekraczanie dopuszczalnej masy pojazdu prowadzi również do stwarzania innych zagrożeń na drodze [4]. Niestosowanie się do przepisów powoduje obniżenie bezpieczeństwa na drogach, komfortu podróżowania, degradacji środowiska naturalnego oraz wzrost nieuczciwej konkurencji na rynku przewozów towarowych.

W celu eliminacji z ruchu pojazdów przeciążonych stosuje się procedury ważenia. Wykorzystuje się tutaj zarówno wagi stacjonarne (statyczne), jak i dynamiczne (zwane wagami WIM – Weigh In Motion). Generalnie wagi statyczne służą do dokładnego pomiaru masy i nacisków i po legalizacji mogą być wykorzystywane w postępowaniu administracyjnym, np. do mandatowania. Ich zasadniczą wadą jest konieczność skierowania pojazdu na specjalne, wydzielone stanowisko pomiarowe, co wiąże się z zaburzeniem ruchu. Wagi WIM nie wywołują zakłóceń w ruchu, ponieważ sensory wagowe umieszczone są bezpośrednio w pasie jezdni, a pojazdy przejeżdżają po nich bez istotnych ograniczeń prędkości. W efekcie pomiar obciążony jest jednak znaczną niepewnością, gdyż występujące podczas ruchu pojazdu zjawiska dynamiczne w zawieszeniu powodują, że naciski osi są zmienne w czasie. Przy prędkości 80 km/h zmiany nacisku poszczególnych osi mogą wynosić nawet 40% w stosunku do nacisku statycznego. Z tego powodu systemy WIM wykorzystywane są zwykle jako wagi preselekcyjne, mające za zadanie wskazać pojazdy, które z dużym prawdopodobieństwem są przeciążone. Ponieważ pozwalają one na zważenie prawie 100% przejeżdżających pojazdów, są one niezwykle istotnym narzędziem w walce z użytkowaniem przeciążonych pojazdów.

2. Stacja WIM Akademii Techniczno-Humanistycznej

We wrześniu 2016 roku na terenie kampusu Akademii Techniczno-Humanistycznej oddano do użytku stanowisko dydaktyczno-naukowe ITS. Składa się ono z dwóch zasadniczych części: infrastruktury drogowej oraz centrum monitoringu. Zostało ono dokładnie omówione w publikacji [5]. Istotną cechą stanowiska jest jego otwartość, czyli możliwość wymiany danych z różnymi inżynierskimi pakietami oprogramowania oraz rozbudowy o nowe urządzenia. Obecnie w jego ramach funkcjonują między innymi: system VIM, drogowa stacja meteo, system monitoringu (kamera ANPR do rozpoznawania tablic rejestracyjnych, 2 kamery obrotowe), system

klasyfikacji pojazdów wg TLS 8+1, laserowy system do zliczania i klasyfikacji pojazdów, system OnDynamic, radarowa stacja pomiaru ruchu, stacje pomiaru zanieczyszczeń powietrza.

Jedną z podstawowych funkcjonalności stanowiska dydaktyczno-naukowego ITS jest pomiar masy pojazdów w ruchu realizowany przez stację WIM. Wykorzystuje ona klasyczny system WIM z czujnikami tensometrycznymi oraz klasyfikator TLS 8+1 oparty na działaniu pętli indukcyjnych. Oba systemy działają niezależnie od siebie. Dodatkowo kamera ANPR będąca elementem systemu monitoringu pozwala na odczyt tablicy rejestracyjnej ważonego pojazdu. Cała stacja WIM składa się więc z następujących elementów:

- dwóch czujników tensometrycznych,
- trzech pętli indukcyjnych,
- kamery ANPR,
- klasyfikatora TLS,
- aplikacji integrującej wraz z bazą danych MySQL oraz interfejsem www.

Stanowisko wyposażone jest ponadto w kamerę poglądową. Poniżej krótko omówiono najważniejsze elementy stacji.

2.1. Czujniki tensometryczne

Czujniki tensometryczne wykorzystują zjawiska zmiany rezystancji znajdującego się w jezdni przewodnika lub półprzewodnika pod wpływem działających na niego sił zewnętrznych. Na stanowisku dydaktyczno-naukowym ITS zainstalowane zostały liniowe czujniki tensometryczne firmy Intercomp (rys. 1), które stosowane są w najdokładniejszych wagach samochodowych. Cechują się bardzo szybkim czasem reagowania oraz wysoką częstotliwością próbkowania, co pozwala na sprawne działanie nawet przy dużych prędkościach. Czujniki zainstalowane są w nawierzchni jezdni na głębokości około 75 mm. Są tak rozmieszczone, aby jeden mierzył naciski lewych kół pojazdu, a drugi prawych.



Rysunek 1. Rozmieszczenie czujników tensometrycznych na stanowisku ITS

2.2. Kamera ANPR

System ANPR (Automatic Number Plate Recognition) pozwala na rozpoznawanie znaków na tablicach rejestracyjnych. Dzięki temu umożliwia automatyczną

identyfikację pojazdów na podstawie tablicy rejestracyjnej pojazdu uchwyconej przez kamerę. System oparty jest na technologii OCR (Optical Character Recognition), której algorytm służy do wyodrębniania i rozpoznawania znaków z pliku rastrowego [6].

Zainstalowana na stanowisku ITS Akademii Techniczno-Humanistycznej kamera ROSSEK® RMVA481A jest wysoce zintegrowanym systemem obrazowania, który zawiera [7]:

- moduł pozyskania obrazu,
- moduł przetwarzania obrazu,
- moduł komunikacyjny systemu.

2.3. Klasyfikator TLS

Klasyfikator TLS to urządzenie, które na podstawie pomiarów z pętli indukcyjnych klasyfikuje pojazdy wg klasyfikacji 8+1. Stanowisko ITS wyposażono w pętle indukcyjne zainstalowane w jezdni oraz współpracujący z nimi klasyfikator MC3224 firmy SWARCO TRAFFIC SYSTEMS GmbH. Klasyfikator podaje także informacje na temat:

- prędkości przejazdu (do 300 km/h),
- długości pojazdu,
- odstępów między pojazdami,
- kierunku jazdy.



2.4. Aplikacja integrująca

System WIM uzupełnia dedykowane oprogramowanie, które służy do administrowania danymi, dając możliwość wyszukiwania rejestrów zgromadzonych przez system, tj. danych na temat każdego pojazdu, który został zarejestrowany. Oprogramowanie zostało wyposażone w interfejs www, dzięki czemu nie ma potrzeby instalowania dodatkowych aplikacji na komputerach docelowych, a dostęp do danych można uzyskać z dowolnego komputera w uczelnianej sieci ATH po uprzednim zalogowaniu.

Strona główna interfejsu przedstawia tabelę preferencji wyszukiwania pojazdów, która jest podzielona na następujące kryteria:

- wykroczenia (prędkość, wysokość, masa, nacisk),
- kategoria pojazdu (klasyfikacja 8+1),
- przekroczenie DMC [kg] (zakres od ... do ...),
- przekroczenie nacisków [kg] (zakres od ... do ...),
- nr rejestracyjny pojazdu,
- przedział czasowy.

Aplikacja pozwala także definiować ilość odczytów wyświetlanych na stronie oraz czas odświeżania [s]. Po zaznaczeniu żądanych kryteriów aplikacja przekierowuje na stronę wyników wyszukiwania, która zawiera skrócony opis danych na temat przejazdu (rys. 2).

Miniatura	Wykroczenia	Dane
	<p>Nieprawidłowy przejazd</p> <p>Wysokość</p> <p>34 km/h</p> <p>1.039 t</p> <p>Oś 1: 0.600 t Oś 2: 0.439 t</p> <p>Szczegóły</p>	<p>WIM ATH</p> <p>Pas 1</p> <p>2017-07-02 07:38:13</p> <p>SBI*****</p>
	<p>Nieprawidłowy przejazd</p> <p>Wysokość</p> <p>28 km/h</p> <p>1.113 t</p> <p>Oś 1: 0.627 t Oś 2: 0.486 t</p> <p>Szczegóły</p>	<p>WIM ATH</p> <p>Pas 1</p> <p>2017-07-01 07:37:52</p> <p>SBI*****</p>

Rysunek 2. Ekran podstawowy z wynikami uzyskanymi ze stacji WIM

Naciśnięcie przycisku „Szczegóły” powoduje wyświetlenie dodatkowych danych np. dotyczących rozstawu osi, nacisków na oś. Oprogramowanie umożliwia także eksport danych do pliku .csv w celu dalszej obróbki, w tym tworzenia raportów, zestawień itp.

3. Ocena poprawności działania stacji WIM

W celu wykonania oceny poprawności działania stacji WIM przedstawionej w rozdziale 2. przeprowadzono wstępną analizę wyników na podstawie wybranych danych historycznych. W drugiej kolejności wykonano serię pomiarów w warunkach kontrolowanych i ponownie wykonano stosowne obliczenia.

3.1. Wstępna analiza poprawności działania stacji WIM

W celu wstępnego zweryfikowania poprawności działania stacji WIM zostały wykorzystane historyczne dane zbierane podczas jej normalnej pracy. Analizy przeprowadzono na podstawie przejazdów trzech wybranych samochodów zrealizowanych pomiędzy marcem a sierpniem 2017 roku. Samochody, które zostały poddane obserwacji, to:

- Opel Astra o nr rejestracyjnym SB5xxxx,
- Skoda Octavia o nr rejestracyjnym SB0xxxx,
- Peugeot 206 o nr rejestracyjnym SBIxxxx.

Dla każdego z nich uwzględniono 20 pomiarów. Przykładową tabelę z wynikami dla pojazdu Opel Astra przedstawia tabela 1. Oprócz daty, godziny, wagi pojazdu oraz

prędkości przejazdu znajduje się w niej także klasa pojazdu wg klasyfikacji 8+1. Kod 7 oznacza, że system zakwalifikował przejeżdżający pojazd do klasy „samochody osobowe”. Warto zwrócić uwagę na pomiar numer 10. Wskazanie to jest ewidentnie błędne. Tego typu pomiary były arbitralnie odrzucane i nie były uwzględniane w dalszych obliczeniach.

Tabela 1. Wyniki pomiarów stacji WIM dla przejazdów samochodu Opel Astra

Nr.	Data	Czas	Kategoria 8+1	Nr rejestracyjny	Prędkość [km/h]	Masa całkowita [kg]
1	2017-08-11	10:15:36	7	SB5****	22	1650
2	2017-07-28	10:21:17	7	SB5****	34	1482
3	2017-07-26	09:52:02	7	SB5****	25	1436
4	2017-07-24	08:16:24	7	SB5****	25	1419
5	2017-07-20	08:57:40	7	SB5****	30	1431
6	2017-07-18	11:28:49	7	SB5****	27	1430
7	2017-07-17	10:36:26	7	SB5****	31	1385
8	2017-07-14	10:52:19	7	SB5****	27	1497
9	2017-07-12	08:21:29	7	SB5****	34	1409
10	2017-07-11	08:33:47	7	SB5****	31	546
11	2017-07-10	08:38:21	7	SB5****	25	1573
12	2017-07-08	09:41:24	7	SB5****	28	1437
13	2017-07-07	08:20:50	7	SB5****	40	1504
14	2017-07-06	09:02:26	7	SB5****	24	1481
15	2017-07-04	07:51:58	7	SB5****	37	1414
16	2017-07-02	09:26:15	7	SB5****	23	1469
17	2017-07-01	07:54:16	7	SB5****	39	1335
18	2017-06-30	09:03:43	7	SB5****	36	1908
19	2017-06-29	08:58:26	7	SB5****	29	1479
20	2017-06-28	10:04:39	7	SB5****	26	1429

Dla wszystkich trzech pojazdów wyznaczono następujące miary statystyczne:

- średnią arytmetyczną masy pojazdu wyznaczaną wg wzoru:

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (1)$$

gdzie: x_i – wartość i -tego pomiaru,
 N – liczba pomiarów,

- odchylenie standardowe masy określonej wzorem:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{\alpha}_1)^2}{N}} \quad (2)$$

- współczynnik zmienności wyliczany wg zależności:

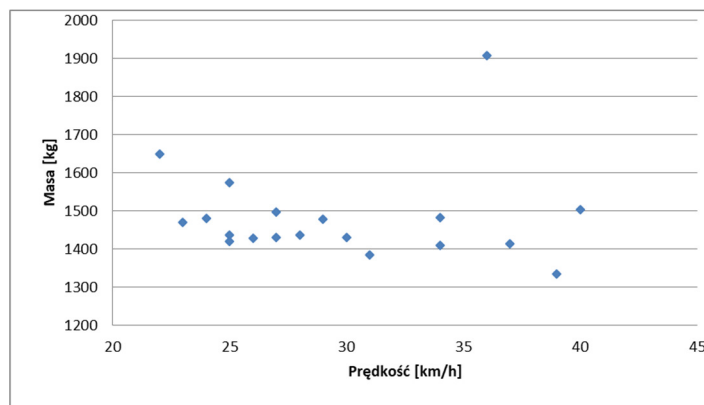
$$V_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{\alpha}_1} * 100\% \quad (3)$$

- współczynnik korelacji liniowej Pearsona dla masy i prędkości pojazdu zdefiniowany wzorem:

$$r_{xy1} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 * \sum(y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\frac{1}{N} \sum X_i Y_i - \bar{X} \bar{Y}}{\sigma_x * \sigma_y} \quad (4)$$

gdzie: \bar{X}, \bar{Y} – odpowiednio, średnia pomiarów masy i prędkości,
 X_i, Y_i – odpowiednio, i-ty pomiar masy oraz i-ty pomiar prędkości,
 σ_y, σ_x – odpowiednio, odchylenie standardowe masy i prędkości
(wyznaczone z analogicznej zależności do (2)).

Wykres z rys. 3 przedstawia zależność masy pojazdu Opel Astra od jego prędkości.



Rysunek 3. Zależność masy samochodu Opel Astra od jego prędkości

Zestawienie otrzymanych wartości miar statystycznych dla wszystkich trzech pojazdów przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Zestawienie miar statystycznych dla trzech pojazdów

Samochód	Masa średnia [kg]	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności [%]	Współczynnik korelacji liniowej
Opel Astra	1482,53	120,538	8,13	-0,0119
Skoda Octavia	1470,05	99,028	6,74	0,2873
Peugeot 206	954,05	60,391	6,33	-0,2973

Analizując otrzymane wyniki, a w szczególności oszacowaną dokładność pomiarów, należy stwierdzić, że nieco przekracza ona dokładność stacji WIM deklarowaną przez wykonawcę. Wynikać to może jednak z dwóch zasadniczych powodów:

- pojazdy biorące udział w badaniach mogły w trakcie poszczególnych przejazdów posiadać różną masę (nie znana jest liczba pasażerów i waga ewentualnego ładunku),
- testowana stacja WIM przeznaczona jest do pomiaru nacisków pojazdów o maksymalnych dopuszczalnych naciskach na jezdnię, czyli rzędu kilkunastu kN; dokładność urządzenia podawana jest dla mas maksymalnych; pojazdy występujące w analizach charakteryzują się masą kilkunastokrotnie mniejszą, więc dla nich błąd pomiaru może być zdecydowanie większy.

Posiadanie informacji o prędkości pojazdów podczas ważenia pozwoliło na próbę określenia korelacji między tymi pomiarami. Uzyskany brak korelacji potwierdza podawaną przez producenta niewrażliwość pomiaru masy na prędkość pojazdu. Jednak aby potwierdzić ten wniosek w pełni, należałoby przeprowadzić badania przy większych prędkościach, co dla stanowiska znajdującego się na kampusie ATH jest trudne do realizacji ze względów bezpieczeństwa. W przeprowadzonych próbach prędkości zmieniały się w stosunkowo niewielkim zakresie.

Warto także zauważyć, że w każdej z trzech serii pomiarowych uzyskano po jednym ewidentnie fałszywym wskazaniu. Mogą one być spowodowane niewłaściwym torem przejazdu pojazdu przez czujniki wagi, tym niemniej skazują na konieczność krytycznego odczytu wskazań stacji przez jej obsługę.

3.2. Badania poprawności działania stacji WIM w warunkach kontrolowanych

W dalszej części badań postanowiono określić wpływ na wynik pomiaru masy pojazdu takich parametrów jak:

- stan nawierzchni (mokra, sucha) – pomiary były realizowane w okresie letnim i wczesnojesiennym, stąd nie było możliwości wykonania ich w warunkach zimowych takich jak śnieg czy lód,
- temperatura nawierzchni,
- temperatura powietrza.

Tym razem pomiary przeprowadzono w trakcie specjalnych, dedykowanych przejazdów wykonanych jednym samochodem – Fiatem Panda o masie 867 kg (dane z dowodu rejestracyjnego samochodu). Do masy tej doliczono masę kierowcy oraz przybliżoną masę reszty ładunku i za całkowitą masę pojazdu przyjęto 950 kg. Przejazdy były wykonywane tak, aby w miarę możliwości odbywały się w różnych warunkach atmosferycznych. Jednocześnie pozwoliły zapewnić niemal jednakową masę pojazdu, a także były realizowane z w miarę jednakową prędkością przejazdu (około 20 km/h). Temperaturę powietrza i drogi pozyskano ze stacji meteorologicznej zamontowanej na stanowisku dydaktyczno-naukowym ITS. Stan nawierzchni określał każdorazowo kierowca pojazdu testowego. Wyniki pomiarów z przykładowej serii przejazdów (masa, prędkość, temp. powietrza, temp. drogi, stan nawierzchni) przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla przykładowej serii przejazdów dedykowanych

Nr	Data	Czas	Prędkość [km/h]	Masa całkowita [kg]	Temp. powietrza [°C]	Temp. nawierz. [°C]	Stan nawierz.
1	2017-10-09	15:10:09	19	983	11,71	17,11	sucha
2	2017-10-09	15:09:43	21	919			
3	2017-10-09	15:09:19	21	986			
4	2017-10-09	15:08:52	20	969			
5	2017-10-09	15:08:27	20	965			
6	2017-10-09	15:08:05	22	960			
7	2017-10-09	15:07:43	21	916			
8	2017-10-09	15:02:14	21	883			
9	2017-10-09	14:55:22	21	1061			
10	2017-10-09	14:54:01	20	991			

W sumie przeprowadzono 3 serie prób przejazdów dedykowanych w różnych warunkach. W tabeli 4 zestawiono wyniki obliczeń wartości miar statystycznych zdefiniowanych w rozdziale 3.1. dla poszczególnych serii. Analizując dane zebrane ze wszystkich trzech serii przejazdów, zauważono iż przejazdy przy najniższej z temperatur (ok. 7,5 °C) oraz na mokrej nawierzchni cechowały się najniższym odchyleniem standardowym oraz najniższym współczynnikiem zmienności, jednak średnia waga pojazdu była wyższa niż w pozostałych przypadkach. Wraz ze wzrostem temperatury nawierzchni odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności pomiarów rosły. Wysunięto następujące wnioski:

- temperatura nawierzchni bezpośrednio wpływa na wyniki otrzymywane w trakcie pomiarów; można zaobserwować większą zmienność kolejnych pomiarów w przypadku, gdy nawierzchnia ma wyższą temperaturę,
- stan nawierzchni może wpływać na wyższą wartość pomiarów; w przypadku gdy nawierzchnia była mokra odnotowano najwyższą średnią masę pojazdu.

Tabela 4. Zestawienie miar statystycznych dla trzech serii przejazdów dedykowanych

Seria	Temp. powietrza [°C]	Temp. nawierzchni [°C]	Stan nawierzchni	Średnia masa [kg]	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności [%]
1	11,71	17,11	sucha	963,3	46,808	4,86
2	7,71	10,91	mokra	1020,9	27,501	2,69
3	24,3	23,1	sucha	1007	90,076	8,94

4. Wnioski

W niniejszej pracy krótko omówiono cel stosowania preselekcyjnych systemów ważenia pojazdów w ruchu WIM oraz opisano komponenty, które wchodziły w skład stanowiska dydaktyczno-naukowego ITS mieszczącego się w kampusie Akademii Techniczno-Humanistycznej. W części praktycznej przeprowadzono ocenę działania tego systemu oraz podjęto próbę oszacowania wpływu wybranych czynników atmosferycznych na otrzymywane wyniki.

Dzięki analizie historycznych pomiarów zawartych w bazie danych systemu, wykazano brak związków pomiędzy prędkością przejazdu a wskazaniami wagi (w zakresie do ok. 40 km/h, czyli w zakresie prędkości rejestrowanych na stanowisku w normalnych warunkach eksploatacji). Stwierdzono także, że dokładność pomiarów odbiega od deklarowanej, przez wykonawcę stacji, dokładności. Do stwierdzenia tego należy podchodzić jednak zdecydowanie ostrożnie, bowiem nie są znane dokładne masy pojazdów w trakcie poszczególnych przejazdów. Dodatkowo należy brać pod uwagę fakt, iż moduły WIM z założenia produkowane i montowane są w celu rejestrowania przekroczeń pojazdów ciężarowych lub autobusów, w których naciski na jedną oś wynoszą około 11,5 kN. W związku z tym, dane dotyczące wagi konkretnych pojazdów osobowych mogą różnić się od faktycznych.

Seria dedykowanych przejazdów konkretnym samochodem o stałej masie, przy zróżnicowanych warunkach atmosferycznych pozwoliła potwierdzić wpływ temperatury nawierzchni na rejestrowanie wyniki. Jednocześnie można sformułować hipotezę, że stan nawierzchni również ma wpływ na pomiary wykonywane przez

stację WIM. Z racji, że praca wykonywana była w okresie letnim oraz wczesnojesiennym, niemożliwe było sprawdzenie wrażliwości czujników na warunki zimowe. Z powodu usytuowania stanowiska nie przeprowadzono badań pod kątem pojazdów o większej masie (w szczególności powyżej 12 ton) oraz poruszającymi się z większymi prędkościami.

Autorzy pracy zdają sobie sprawę, że wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych badań są jedynie wnioskami wstępnymi, wymagającymi potwierdzenia dla większej liczby pomiarów. W szczególności dotyczy to wpływu temperatury. Należałoby wykonać także większą liczbę testów w zróżnicowanych warunkach drogowych. Interesującym zagadnieniem byłaby też analiza zmienności nie tylko masy całkowitej, ale także nacisków na poszczególne osie pojazdu. Z perspektywy czasu autorzy stwierdzają, że należało bardziej skutecznie poszukać możliwości zważenia masy pojazdu wykorzystywanego w przejazdach dedykowanych, a nie ograniczyć się do jej oszacowania.

Stanowisko dydaktyczno-naukowe ITS zostało zbudowane w celach dydaktycznych oraz naukowych, na potrzeby studentów i pracowników Akademii Techniczno-Humanistycznej. Jak wskazuje niniejsza praca, stanowi ono bardzo interesujące i nowoczesne narzędzie dla tego typu działań. Warto podkreślić, że w maju 2017 roku podczas X Polskiego Kongresu ITS uzyskało ono wyróżnienie Lider ITS 2017 w kategorii najlepszy produkt–urządzenie zrealizowany przez firmy branży ITS.

LITERATURA

1. BRUNOS P.: Wązenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 1: Oddziaływanie pojazdów przeciążonych na nawierzchnię. *Drogownictwo*, 6(2014), 192-195.
2. Raport. Moving Freight with better Trucks improving Safety, Productivity and Sustainability. Joint OECD/ITF Transport Research Committee, 2009
3. Raport. A Guide to the use of Long-life Semi Rigid Pavements. European Long - Life Pavement Group Report ELLPAG. FEHRL, TF Transport Research Committee, 2009
4. RAFALSKI L., Bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem pojazdów ciężkich. konferencja „Bezpieczeństwo w transporcie drogowym i kolejowym”, 23 października 2012, Warszawa.
5. LOGA W., RYGUŁA A., MACZYŃSKI A.: Using ITS testing ground to measure selected vehicle parameters. Artykuł przyjęty do druku *Communications in Computer and Information Science*
6. Automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych ARTR, wersja 2.23. Instrukcja instalacji i obsługi. Metasoft s.c., 2016: http://www.artr.eu/files/ARTR_man.pdf, 28.08.2017
7. *Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen TLS 2012*: http://www.roseek.com/en/documents/eagleeye4/EagleEye4_Series_Smart_Camera_Brief_en_Nov_2015.pdf, 22.10.2017