

Badanie zachowań uczestników ruchu na przejściach dla pieszych na podstawie analizy obrazu

Piotr Olszewski¹, Witold Czajewski², Paweł Dąbkowski³, Piotr Szagała⁴

^{1,3,4} Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, e-mail:

¹p.olszewski@il.pw.edu.pl, ³p.dabkowski@il.pw.edu.pl, ⁴p.szagała@il.pw.edu.pl

² Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska, e-mail: w.czajewski@isep.pw.edu.pl

Streszczenie: Referat przedstawia wstępne rezultaty projektu Mobis, którego celem jest opracowanie metody oceny bezpieczeństwa ruchu na przejściach dla pieszych przy pomocy analizy obrazu wideo. Na wybranym przejściu dla pieszych w Warszawie ruch pieszych i pojazdów był rejestrowany przez 2 miesiące, przed i po instalacji urządzeń zwiększających bezpieczeństwo, czyli oznakowania aktywnego i progów zwalniających. Przy pomocy analizy obrazu dokonano pomiarów prędkości pojazdów oraz wstępnej identyfikacji konfliktów ruchowych pieszy-pojazd. Wyniki wskazują, że zarówno system oznakowania aktywnego sygnalizujący obecność pieszych SignFlash, jak i progi zwalniające powodują zmniejszenie średnich prędkości ruchu pojazdów oraz korzystnie wpływają na zachowanie kierowców.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pieszych, przejścia dla pieszych, metoda konfliktów, analiza obrazu.

1. Wprowadzenie

Wśród krajów Unii Europejskiej Polska ma najwyższy wskaźnik zagrożenia pieszych na drogach – 37 zabitych na mln mieszkańców. W latach 2007-2011 na drogach zginęło 7 944 pieszych, a 61 635 zostało rannych [1]. Około 30% wypadków potrącenia pieszych miało miejsce na przejściach przez jezdnie, a więc w miejscach gdzie piesi powinni czuć się bezpiecznie. Poprawa bezpieczeństwa pieszych na przejściach przez jezdnię powinna zatem być celem priorytetowym, co zostało zapisane w Narodowym Programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego [2].

Wyzwanie to podjęto w ramach projektu badawczego Mobis¹, którego celem jest opracowanie i przetestowanie metody oceny bezpieczeństwa pieszych na przejściach przez jezdnie przy pomocy automatycznej analizy obrazu wideo. Ocena bezpieczeństwa oparta jest na wykrywaniu konfliktów ruchowych pomiędzy pojazdami a pieszymi, czyli sytuacji, które potencjalnie mogłyby skończyć się wypadkami. Sytuacji konfliktowych jest wielokrotnie więcej niż wypadków – szacuje się, że na jeden wypadek z pieszymi przypada nawet 3000 konfliktów pojazd-pieszy [3]. Dzięki tej metodzie możliwa będzie obiektywna ocena skuteczności rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo pieszych na przejściach przez jezdnie. Celem referatu jest przedstawienie wstępnych wyników badań przeprowadzonych w roku 2013 na pierwszym poligonie badawczym w Warszawie.

¹ Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, realizowany przez Politechnikę Warszawską, Instytut Transportu Samochodowego oraz firmę Neurosoft Sp. z o.o. w latach 2012-2015.

W klasycznej metodzie szwedzkiej konflikt ruchowy jest zdefiniowany jako sytuacja, w której użytkownicy drogi zbliżają się do siebie w przestrzeni i w czasie w taki sposób, że wypadek jest wysoce prawdopodobny, jeżeli ich sposób poruszania się pozostanie bez zmian [3]. O tym jak poważny jest konflikt decyduje się na podstawie „czasu do kolizji” (*time-to-collision*) oraz prędkości. Ponieważ parametry te trudno jest wyznaczyć dokładnie na podstawie automatycznej analizy obrazu, w literaturze znaleźć można przykłady miar bezpieczeństwa opartych na innych parametrach niż liczba poważnych konfliktów. W przypadku analiz bezpieczeństwa pieszych, w metodzie brytyjskiej [4] uwzględnia się także odległość do kolizji oraz gwałtowność i złożoność działań obronnych. W metodzie włosko-hispańskiej [5] zaproponowano wskaźnik *Pedestrian Risk Index*, który oblicza się na podstawie szacowanego prawdopodobieństwa dojścia do wypadku oraz ciężkości jego konsekwencji.

2. Badanie poligonowe w Warszawie

2.1. Lokalizacja poligonu, typ i charakterystyka przejścia

Przy wyborze poligonów badawczych kierowano się takimi kryteriami, jak: odpowiednio duże natężenie ruchu pieszych, znaczna liczba wypadków z pieszymi w przeszłości, zagospodarowanie terenu w sąsiedztwie przejścia oraz dostępność infrastruktury pozwalającej na instalację aparatury badawczej. Do analizy wybrano przejście na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej z ul. Błatona, na którym w ww. okresie 2006-2011 zanotowano 6 wypadków z udziałem pieszych.

Na analizowanym fragmencie ul. Wrocławskiej ma przekrój czteropasowy. Samo przejście posiada ażyl dla pieszych i jest poprawnie oznakowane znakami pionowymi D-6, poziomymi P-10 oraz dodatkowo tabliczką T-27 (tzw. "Agatka"). Pomiary ruchu przeprowadzone w godzinach 7-19 wykazały natężenie od 150 do 420 pieszych na godzinę, łącznie w obu kierunkach.

2.2. Instalacja aparatury do rejestracji ruchu

Dla każdego z kierunków zamontowano osobny system rejestrujący, składający się z następujących elementów:

- cyfrowa kamera poglądowa, oznaczona jako V1 – obejmująca obszar przejścia dla pieszych wraz z 30-40 m odcinkiem dojazdu do przejścia;
- 2 cyfrowe kamery pomiarowe (ANPR) oznaczone jako L1 i L2 – obejmujące odcinki jezdni o szerokości ok. 3,5 m i długości ok. 6 m, zlokalizowane na początku obszaru dojazdu widocznego przez kamerę poglądową;
- terminal roboczy służący do rejestracji i wstępnej analizy cyfrowego sygnału wideo pobieranego z kamer oraz umożliwiający zdalne zarządzanie i diagnostykę procesu rejestracji.

Na planie sytuacyjnym poligonu (rys. 1) kierunki ruchu oznaczono jako: POW – w kierunku ul. Powstańców Śląskich oraz RAD – w kierunku ul. Radiowej. Na rysunku zaznaczono obszary widzenia poszczególnych kamer – kolorem żółtym dla kamer poglądowych V1, natomiast kolorem czerwonym dla kamer pomiarowych L1 oraz L2.

2.3. Zastosowane urządzenia poprawy bezpieczeństwa

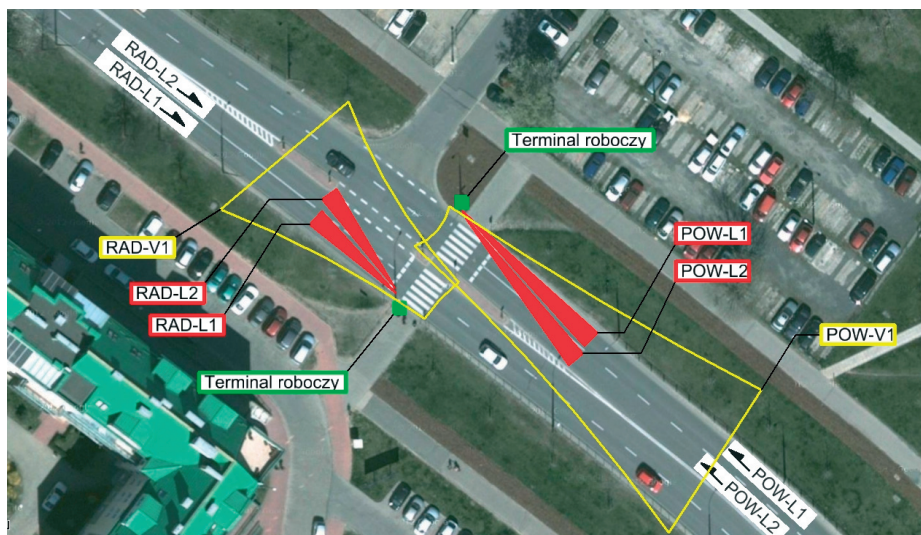
Ocenie poddano dwa rozwiązania służące poprawie bezpieczeństwa pieszych:

- wyspowe progi zwalniające – zamontowane 18.10.2013, zdemontowane 26.11.2013, umieszczone na ul. Wrocławskiej w kierunku RAD;

- system SignFlash – zamontowany 16.10.2013, zdemontowany 10.11.2013, umieszczony przed przejściem dla pieszych na istniejących słupkach znaków D-6 na jezdni ulicy Wrocławskiej w kierunku POW; system ten jest wyposażony w czujniki ruchu piesze oraz wzbudzone przez nie żółte światła ostrzegawcze [6].

2.4. Okres pomiarów

System rejestracji został uruchomiony 23.09.2013 i pracował w sumie przez 88 dni (z przerwami technicznymi) do 19.12.2013. Tabela 1 pokazuje średnią dobową liczbę pojazdów zarejestrowanych na poszczególnych pasach/kierunkach przez kamery pomiarowe w kolejnych miesiącach. Dla obu kierunków zaobserwowano tendencję nieznacznego wzrostu natężeń ruchu.



Rys. 1. Plan sytuacyjny z zaznaczonym obszarem widzenia kamer

Tabela 1. Średnia dobową liczbą wykrytych pojazdów (z wyłączeniem przerw technicznych)
rozpatrywany okres

Pas ruchu	23-29.09.2013	01-31.10.2013	01-30.11.2013	01-19.12.2013
POW-L1	2 456	2 545	2 540	2 660
POW-L2	1 766	2 128	2 100	2 308
Suma POW	4 222	4 672	4 640	4 968
RAD-L1	2 906	2 979	2 924	3 257
RAD-L2	2 225	2 381	2 180	2 323
Suma RAD	5 131	5 360	5 103	5 580

3. Analiza prędkości pojazdów przed przejściem

3.1. Metoda pomiaru prędkości

Zarówno kamery pomiarowe, jak i poglądowe wykorzystane były do pomiaru prędkości pojazdów przed przejściem dla pieszych. Kamery poglądowe rejestrują przejazd pojazdu na długości około 30 m, co pozwala na odtworzenie trajektorii pojazdu i profilu jego prędkości.

Kamery pomiarowe (ANPR) mierzą prędkość pojazdów metodą poklatkową, tzn. przez pomiar przemieszczenia pojazdu pomiędzy kolejnymi klatkami zarejestrowanego

obrazu. Kamery poddawane są kalibracji w celu wyznaczenia trzech parametrów niezbędnych do oszacowania prędkości przejazdu obserwowanych pojazdów – dwóch kątów nachylenia kamery (parametry zewnętrzne) oraz współczynnika skalowania (parametr wewnętrzny zależny od długości ogniskowej). Pomiar dokonywany jest w miejscu rozpoznania tablic rejestracyjnych, tzn. w odległości ok. 30 m od przejścia dla pieszych. Prędkości pomierzone w takiej odległości nie dają pełnych podstaw do wnioskowania o reakcji kierujących pojazdami na to, co dzieje się w obszarze przejścia (oczekujący na przejście i przechodzący piesi, obecność innych pojazdów), stanowią natomiast materiał do analizy zmienności prędkości w ciągu doby i w kolejnych dniach, a także umożliwiają określenie wpływu na prędkość wprowadzonych środków poprawy brd.

3.2. Weryfikacja urządzeniem laserowym

W celu weryfikacji dokładności pomiaru prędkości kamerami ANPR oraz kamerami poglądowymi wykonano przejazdy pojazdem testowym wyposażonym w laserowy miernik prędkości o dużej dokładności (poniżej 0,3% [7]). Pomiaru dokonano na obu pasach ruchu w obu kierunkach. Za każdym razem na każdym pasie zarejestrowano po kilkanaście przejazdów o różnym profilu prędkości. Uzyskane z pomiaru profile prędkości porównano z profilami uzyskanymi z kamer poglądowych zainstalowanych na poligonie.

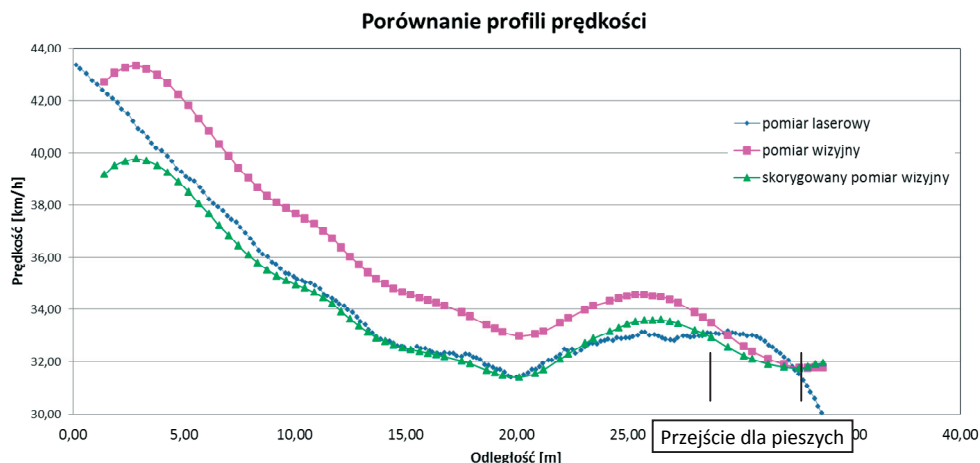
Błąd pomiaru kamerami poglądowymi dochodzi do 10% dla prawego pasa i 25% dla lewego pasa dla kierunku POW, co odpowiada kilku lub nawet kilkunastu km/h. Błąd jest zazwyczaj dodatni i maleje wraz ze zbliżaniem się do przejścia, w okolicy którego jest minimalny. Precyzję pomiaru prędkości pojazdów uznano zatem za akceptowalną z punktu widzenia analizy konfliktów. Błędy pomiaru są najmniejsze w okolicy występowania potencjalnych konfliktów, czyli przejścia dla pieszych. Ponadto, podjęto próbę zredukowania tych błędów za pomocą nieliniowej korekcji. W efekcie uzyskano poziom błędu nieprzekraczający kilku procent prędkości rzeczywistej. Błędy pomiarowe na każdym kierunku, a nawet na sąsiednich pasach są na tyle odmienne, że konieczne jest wyznaczanie krzywych korekcyjnych dla każdego pasa indywidualnie. Rys. 2 przedstawia profile prędkości uzyskane dla pojedynczego przejazdu, wraz z propozycją korekty w celu uzyskania jak najlepszego dopasowania do profilu z pomiaru laserowego. Na podstawie wstępnych obliczeń błąd pomiaru kamer ANPR nie przekracza 3%.

3.3. Porównanie prędkości w okresie analizy

Materiał uzyskany z pomiaru prędkości kamerami ANPR pozwolił na porównanie średnich prędkości pojazdów w okresie przed i po zainstalowaniu środków poprawy brd, tzn. urządzenia SignFlash i wyspowych progów zwalniających. Do analizy wybrano po 7 dni powszednich o zbliżonych natężeniach ruchu z okresów przed instalacją, w trakcie funkcjonowania i po demontażu urządzeń. Analiza wyników (tabela 2) pozwala stwierdzić, że po instalacji urządzenia SignFlash uzyskano obniżenie prędkości średnich o 2,7 km/h (6,1%). Po jego demontażu prędkości wzrosły o ok. 1,3 km/h, co świadczy o tzw. efekcie pamięci, tzn. trwałej zmianie zachowań kierowców.

W przypadku progów zwalniających, zgodnie z oczekiwaniami, redukcja prędkości jest znaczna i wynosi ponad 12,3 km/h (32%). Także w tym przypadku zaobserwowano efekt pamięci – po demontażu progów prędkości wzrosły o 9,8 km/h. Analiza statystyczna wykonana osobno w odniesieniu do każdego pasa ruchu wykazała w każdym przypadku odrzucenie hipotezy o równości prędkości średnich („przed-w trakcie” i „w trakcie-po”) na poziomie istotności $\alpha=0,01$.

Analiza odchyłek standardowych pozwala zauważyć znikomy wpływ urządzenia SignFlash na rozrzut średnich prędkości (13,5 przed, 13,1 w trakcie i 12,6 km/h po) oraz bardzo duży wpływ progów zwalniających (odpowiednio: 16,2; 9,7; 14,4).



Rys. 2. Porównanie profili prędkości z pomiaru wizyjnego kamerą poglądową oraz miernikiem laserowym

Tabela 2. Porównanie prędkości pojazdów w okresie analizy

Pas	Przed instalacją			W trakcie funkcjonowania			Po demontażu		
	V_{sr} [km/h]	S [km/h]	Q_{sr} [poj/dobę]	V_{sr} [km/h]	S [km/h]	Q_{sr} [poj/dobę]	V_{sr} [km/h]	S [km/h]	Q_{sr} [poj/dobę]
Kierunek POW – urządzenie SignFlash									
prawy	43,8	12,9	2677	41,1	12,4	2694	42,6	12,1	2818
lewy	47,5	14,2	2269	44,7	14,0	2231	45,9	13,3	2337
razem	45,5	13,5	4946	42,8	13,1	4925	44,1	12,6	5155
Kierunek RAD* – progi zwalniające									
prawy	41,3	12,9	3186	27,4	8,5	3130	38,6	11,8	3312
lewy	33,2	19,7	2364	23,2	11,1	2379	30,9	17,3	2411
razem	37,9	16,2	5550	25,6	9,7	5509	35,4	14,4	5723

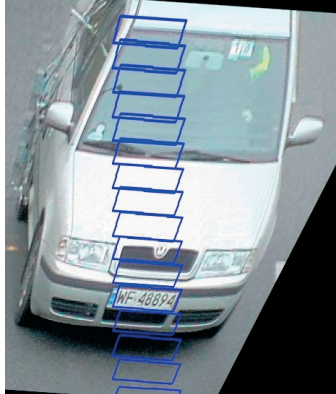
* Niższe średnie prędkości występujące na lewym pasie wynikają z możliwości skrętu z tego pasa w lewo

4. Wstępna identyfikacja konfliktów

4.1. Metoda analizy obrazu

4.1.1. Detekcja pojazdów

Nadjeżdżające pojazdy wykrywane są najpierw przez system ANPR, który na podstawie rozpoznanej tablicy rejestracyjnej określa położenie pojazdu w kilkunastu kolejnych klatkach (rys. 3), jednocześnie wyznaczając jego prędkość chwilową. Informacja o położeniu przodu pojazdu wykorzystywana jest do jego lokalizacji na obrazie z kamery poglądowej, gdzie ze względu na dużą odległość, a co za tym idzie, niewielkie wymiary pojazdu, zastosowanie metody identyfikacji tablicy rejestracyjnej jest niemożliwe. Tak określony front pojazdu jest następnie śledzony aż do przejścia dla pieszych. Dzięki odpowiedniej kalibracji systemu możliwe jest określenie pozycji (przodu) pojazdu w kartezjańskim układzie odniesienia związanym z jezdnią i przejściem dla pieszych.



Rys. 3. Detekcja tablicy rejestracyjnej przez system ANPR

4.1.2. Detekcja pieszych

Piesi wykrywani są w obrazie z tej samej kamery pogładowej, która służy do śledzenia pojazdów. Wykorzystanie jednej kamery eliminuje problemy synchronizacji czasowej oraz znalezienia wspólnego układu współrzędnych, obecne w systemach wielokamerowych. Detekcja pieszych oparta jest na statystycznej metodzie modelowania tła (Gaussian Mixture Model), która pozwala wykryć obiekty ruchome na nieruchomym tle. Dalsza analiza probabilistyczna obszarów potencjalnie zawierających pieszych umożliwia (w większości przypadków) eliminację fałszywych hipotez i wyznaczenie prawidłowej pozycji pieszego [4]. Ze względu na większą różnorodność wyglądu i zachowania pieszych, skuteczność ich detekcji jest wyraźnie niższa niż w przypadku pojazdów.

4.1.3. Trajektorie pojazdów i pieszych

Trajektorie pojazdów i pieszych generowane są na podstawie pozycji wykrytych obiektów w kolejnych ramkach obrazu i są modelowane krzywymi sklejanymi trzeciego stopnia. W celu zwiększenia odporności algorytmu wprowadzono ograniczenia dynamiczne związane z dopuszczalnym położeniem, prędkością, przyspieszeniami stycznymi i prostopadłymi oraz krzywizną trajektorii. Ze względu na znaczne różnice zarówno w geometrii, jak i dynamice pojazdów oraz pieszych, trajektorie tych ostatnich są znacznie bardziej niestabilne i podatne na zakłócenia niż trajektorie pojazdów.

4.1.4. Problemy i ich przewyżczenie

W sprzyjających warunkach (pora dnia, całkowite zachmurzenie, brak opadów, pojazdy i piesi nie przesłaniają się wzajemnie) algorytmy detekcji i generacji trajektorii wykazywały niemal stuprocentową skuteczność. Pora obserwacji oraz warunki pogodowe (zwłaszcza opady i cienie) miały minimalny wpływ na wykrywanie pojazdów, natomiast powodowały istotny spadek jakości detekcji pieszych. W efekcie, w niesprzyjających warunkach oświetleniowych, część pieszych w ogóle nie została zarejestrowana, a część trajektorii pieszych jest niekompletna i dość niestabilna. Problemem było także przesłanianie się wzajemne pojazdów i pieszych, co spowodowało niewykrycie części pojazdów jadących w korku oraz traktowanie pary przechodniów jako jednej osoby (nie wpływało to jednak na detekcję konfliktów). Osobnym zjawiskiem były zakłócenia obrazu interpretowane przez system jako piesi. Stanowiły one 7%-27% wszystkich detekcji (średnio ok. 14%), powodując liczne fałszywe wykrycia konfliktów. Problem został niemal całkowicie wyeliminowany dzięki zastosowaniu klasyfikatora opartego o drzewa losowe, nauczonego na przykładzie kilku tysięcy trajektorii.

4.2. Sytuacje niebezpieczne i ich detekcja

W pierwszym etapie analizy trajektorii pojazdów i pieszych przyjęto trzy kryteria określające sytuacje niebezpieczne: zatrzymanie się pojazdu przed przejściem dla pieszych, opóźnienie pojazdu podczas (gwałtownego) hamowania przed pieszym oraz minimalną odległość pomiędzy pojazdem a pieszym. Bardziej złożone wskaźniki, oparte o dokładną analizę trajektorii i predykcję potencjalnego miejsca i czasu kolizji [3] będą możliwe do automatycznego zastosowania jedynie dla tej części zgromadzonych danych, w których trajektorie obiektów zostały wyznaczone z dużą precyzją. W pozostałych przypadkach niezbędna będzie ręczna analiza położenia obiektów w wybranych scenach, które zostały wstępnie zidentyfikowane przy użyciu dwóch pierwszych, prostych kryteriów.

Wstępne wyniki analizy sytuacji niebezpiecznych bez zastosowania oraz z zastosowaniem systemu SignFlash pokazano w tabeli 3. Analizę obu wariantów przeprowadzono dla 9 wybranych dni powszednich o zbliżonym natężeniu ruchu i dobrych, z punktu widzenia systemu wizyjnego, warunkach pogodowych.

Tabela 3. Liczba zarejestrowanych przypadków zdarzeń bez oraz z systemem SignFlash

	Ustąpienie pierwszeństwa pieszemu	Gwałtowne hamowanie przed pieszym	Przejazd blisko pieszego ze znaczną prędkością	Inne spotkania pieszy-pojazd	Suma zdarzeń
Bez systemu SF	1490 (29,7%)	50 (1,0%)	23 (0,5%)	3457 (68,8%)	5020 (100%)
Z systemem SF	1844 (30,6%)	90 (1,5%)	23 (0,4%)	4062 (67,5%)	6019 (100%)

Analiza kontyngencji przeprowadzona na danych z tabeli 3 pozwala stwierdzić przy pomocy statystyki mającej rozkład χ^2 , że na poziomie istotności $\alpha = 0,1$ można odrzucić hipotezę, że zachowania kierowców pozostały niezmiennione po zainstalowaniu systemu oznakowania aktywnego. Z tabeli 3 wynika, że system SignFlash spowodował, iż kierowcy nieco częściej ustępowali pierwszeństwa pieszym na pasach (wzrost o ok. 3%), przy czym znacznie częściej decydowali się na stosunkowo mocne hamowanie (wzrost o ok. 50%) niż w przypadku braku tego systemu. Liczba zarejestrowanych sytuacji, w których samochód mija pieszego na pasach z prędkością nie mniejszą niż 30 km/h i w odległości nie większej niż 2 m była nominalnie taka sama w obu przypadkach, jednak odsetek takich zdarzeń, spadł o ok. 20%. Najpoważniejszy konflikt zarejestrowano 13.11.2013 (bez systemu SF), gdy szybko jadąca taksówka o włos ominęła pieszego, wjeżdżając na azyl dla pieszych.

5. Wnioski

Wyniki analizy obrazu zarejestrowanego na badanym przejściu dla pieszych pozwalają stwierdzić, że zastosowany system wizyjny i algorytmy analityczne umożliwiają detekcję pojazdów i odwzorowanie ich trajektorii z dostateczną dokładnością. Natomiast detekcja i śledzenie pieszych napotyka na większe problemy, szczególnie przy niesprzyjających warunkach pogodowych i oświetleniowych. Stosowane dotychczas metody rejestracji oraz analizy obrazu wymagają w tym wypadku udoskonalenia.

Wstępna klasyfikacja zachowań niebezpiecznych pozwala na automatyczne wykrywanie sytuacji takich jak gwałtowne hamowanie przed pieszym czy też przejazd w pobliżu pieszego ze znaczną prędkością. Przedmiotem dalszych badań będzie klasyfikacja tych

zdarzeń pod względem „ciężkości konfliktu” czyli prawdopodobieństwa dojścia do wypadku i jego ciężkości.

Wyniki analizy prędkości pojazdów przed przejściem wskazują, że zarówno system oznakowania aktywnego SignFlash, sygnalizujący obecność pieszych, jak i progi zwalniające powodują statystycznie istotne zmniejszenie średnich prędkości pojazdów. Wstępna identyfikacja sytuacji niebezpiecznych przeprowadzona w odniesieniu do urządzenia SignFlash sugeruje, że korzystnie wpływa ono na zachowanie kierowców i zwiększa (choć umiarkowanie) bezpieczeństwo pieszych na przejściach.

Literatura

- 1 Olszewski P., Szagała P., Wolański M., Zielińska A. Analiza czynników wpływających na zagrożenie pieszych na przejściach przez jezdnie. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - Transport*, z. 96 (2013) 333-346.
- 2 Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2013.
- 3 Lareshyn A, Svensson A, Hydén C. Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: theoretical framework and first implementation. *Accident analysis and prevention*, 42 (2010) 1637-1646.
- 4 Kaparias I., Bell M. G., Greensted J., Cheng S., Miri A., Taylor C., Mount B. Development and Implementation of a Vehicle-Pedestrian Conflict Analysis Method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2198, (2010) 75-82.
- 5 Cafiso S., Garcia A. G., Cavarra R., Rojas M. R. Crosswalk safety evaluation using a pedestrian risk index as traffic conflict measure. *Proceedings of the 3rd International Conference on Road Safety and Simulation* (2011).
- 6 Czajewski W., Dąbkowski P., Olszewski P. Innovative solutions for improving safety at pedestrian crossings. *Archives of Transport Systems Telematics*, 6 (2013) 16-22.
- 7 Taubert S., Wierzejski A. Influence the structure of the road surface on the measurement of distance and speed using optical head, *Journal of KONES*, 20 (2013) 465-469.

Safety assessment of pedestrian crossing solutions

Piotr Olszewski¹, Witold Czajewski², Paweł Dąbkowski³, Piotr Szagała⁴

^{1,3,4} Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology, e-mail: ¹p.olszewski@il.pw.edu.pl, ²p.dabkowski@il.pw.edu.pl, ³p.szagała@il.pw.edu.pl

² Faculty of Electrical Engineering, Warsaw University of Technology, e-mail: w.czajewski@isep.pw.edu.pl

Abstract: Paper presents preliminary findings from the research project Mobis which is aimed at developing a method of assessing safety of pedestrian road crossings by using video image analysis. Pedestrian and vehicle traffic has been recorded at a selected crossing site in Warsaw for 2 months, before and after installation of safety measures which included active signage and speed humps. Speeds of approaching vehicles were measured and vehicle-pedestrian conflict situations identified by using video analysis. Results indicate that both SignFlash active signage and speed humps reduce mean vehicle speed and have a positive impact on drivers' behaviour.

Keywords: Pedestrian safety, pedestrian crossing, image analysis, conflict technique