



**ARTUR SZULECKI**  
szulecki.a@gmail.com



**PIOTR SZAGAŁA**  
Politechnika Warszawska  
p.szagala@il.pw.edu.pl  
ORCID: 0000-0002-9186-2700

# Analiza ruchu pieszych na podstawie danych z automatycznego systemu rozpoznawania pojazdów i pieszych. Część 1 Opis badań i analiza obrazów wideo

Artykuł opracowano na podstawie pracy magisterskiej mgr. inż. Artura Szuleckiego pod kierunkiem dr. inż. Piotra Szagały na Politechnice Warszawskiej. Zasadniczym celem pracy była analiza ruchu pieszych na przejściu dla pieszych. Dotyczyła ona zebrania danych do badań na podstawie zdjęć z automatycznego systemu rozpoznawania pojazdów i pieszych, porównania zebranych wyników z wynikami uzyskanymi automatycznie z systemu oraz oceny przydatności danych zebranych automatycznie do przyszłych analiz.

Rozwijająca się automatyzacja zbierania danych związana z analizą obrazu pozwala na badanie coraz większej ilości danych. Wyzwania jakie niesie ze sobą automatyzacja pozyskiwania danych, takie jak przechowywanie oraz efektywne przetwarzanie dużych zbiorów danych stanowią olbrzymie wyzwania nawet w czasach coraz większych mocy obliczeniowych komputerów. Rosnąca liczba danych sprawia problemy nie tylko z analizą, ale również z podstawową obróbką oraz weryfikacją prawidłowości algorytmów przetwarzania. W następstwie wszystkich tych czynników rozwijają się nowe gałęzie nauki oraz gospodarki, takie jak nauka o danych.

Rozwijające się nowe obszary są ściśle połączone z tradycyjnymi metodami badawczymi. Statystyka oraz matematyka, bez zrozumienia których niemożliwa jest skuteczna analiza danych, cały czas stanowią bardzo ważny element zarówno w stosowanych algorytmach, jak i w analizie danych i wyciąganiu wniosków z przeprowadzonych analiz.

Opisywana w artykule praca, niewątpliwie zainspirowana wymienionymi tematami, jest próbą połączenia wiedzy z tych obszarów, w celu znalezienia metod przetwarzania danych oraz wzorców i zależności łączących badane parametry.

W artykule opisano metody badawcze oraz przedstawiono technologie i narzędzia, za pomocą których starano się zarówno zebrać, przechowywać, przetwarzać, jak i analizować dane. Następnie skupiono się na przedstawieniu podstawowych charakterystyk ruchu pieszego zebranych ręcznie na podstawie obrazu z systemu automatycznego rozpoznawania pieszych i pojazdów.

## Opis badań oraz wykorzystanych narzędzi

### Geneza

Bardzo duża liczba wypadków z udziałem pieszych w Polsce spowodowała, że problem ten został jednym z priorytetowych aspektów w dziedzinie poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. W 2018 r. Polska odnotowała największą w Europie liczbę ofiar śmiertelnych wśród pieszych (803), jedną z najwyższych w przeliczeniu na milion mieszkańców (21,1), prawie dwukrotnie wyższą niż średnia UE (10,7) [1], [2]. W 2019 roku na polskich drogach zginęło 793 pieszych, a 6361 zostało rannych. Liczby te odpowiadają odpowiednio 27% wszystkich ofiar śmiertelnych wypadków drogowych i 18% wszystkich rannych [3]. Z tego powodu poprawa bezpieczeństwa pieszych na przejściach została zapisana w Narodowym programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego [4].

Badania nad bezpieczeństwem pieszych na przejściach podjęto w ramach projektu badawczego MOBIS. Projekt ten finansowany był przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, a realizowany przez Politechnikę Warszawską, Instytut Transportu Samochodowego oraz firmę Neurosoft sp. z o.o. w latach 2012–2015. Celem projektu było opracowanie i przetestowanie metody oceny bezpieczeństwa pieszych na przejściach przez jezdnie przy pomocy automatycznej analizy obrazu wideo. Ocena ta oparta była na wykrywaniu konfliktów ruchowych pomiędzy pojazdami a pieszymi, czyli sytuacji, które potencjalnie mogłyby skończyć się wypadkami [5].

W ramach projektu testowano również metody zwiększenia bezpieczeństwa pieszych na przejściu m.in. poprzez montaż progów zwalniających, zastosowanie systemu SignFlash, czy systemu Levelite [6].

Aparatura wykorzystana do pomiarów obejmowała cyfrową kamerę poglądową, dwie cyfrowe kamery pomiarowe (ANPR) oraz terminal roboczy służący do rejestracji i wstępnej analizy cyfrowego sygnału wideo pobieranego z kamer oraz umożliwiający zdalne zarządzanie i diagnostykę procesu rejestracji. Piesi wykrywani byli za pomocą kamery poglądowej, która służyła również do śledzenia pojazdów. Wykorzystanie jednej kamery eliminowało problemy synchronizacji czasowej oraz znalezienia wspólnego układu współrzędnych, obecne w systemach wielokamerowych [7].

Trajektorie pojazdów i pieszych generowano na podstawie pozycji wykrytych obiektów w kolejnych ramkach obrazu. Modelowane one były krzywymi sklejanymi trzeciego stopnia. W sprzyjających warunkach (pora dzienna, 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 była niekompletna i dość niestabilna. Problem stanowiło także przesłanianie się wzajemnie 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, powodujące liczne fałszywe wykrycia konfliktów. Problem został niemal całkowicie wyeliminowany dzięki zastosowaniu klasyfikatora opartego o drzewa losowe, nauczonego na przykładzie kilku tysięcy trajektorii.

Przeprowadzone analizy wykazały istotne zmniejszenie prędkości pojazdów po zainstalowaniu zarówno progów zwalniających, jak i systemów aktywnego oznakowania [3], [6], [8]. Zastosowane algorytmy oraz metody zbierania danych pozwoliły również na obliczenie parametrów niezbędnych do wyznaczania sytuacji konfliktowych. Jednakże obliczenia nie mogły zostać w pełni zautomatyzowane, ze względu na problemy podczas wykrywania odległości pieszy–pojazd oraz problemy z obliczeniem względnej prędkości obiektów, gdy odległość między nimi jest najmniejsza.

Problemy napotkane w trakcie projektu oraz zebrane dane umożliwiły wykonanie pogłębionej analizy dotyczącej ruchu pieszych na przejściu dla pieszych. Posiadając dane zebrane automatycznie w postaci:

- dokumentów XML (ang. *Extensible Markup Language*) z danymi dotyczącymi prędkości, położenia oraz przyspieszenia pieszego,
- plików w formacie .jpg z obrazem z kamery pogładowej,
- plików wideo w formacie .mkv,

zdecydowano się na próbę weryfikacji oraz próbę kalibracji modelu zbierania danych. W związku z ograniczoną możliwością automatycznego zebrania wszystkich charakterystyk ruchowych pieszych, niezbędne było manualne zebranie oraz zapisanie danych w celu dalszych analiz oraz porównania wyników z wynikami zebranymi automatycznie.

## Zastosowane narzędzia

W tym celu zdecydowano się na zastosowanie systemu zarządzania relacyjną bazą danych (ang. *Relational Database Management System*, RDBMS). RDBMS pozwala na łatwe porównanie ze sobą danych zebranych ręcznie oraz danych zebranych automatycznie. W związku z bardzo dużą ilością danych zebranych automatycznie i przechowywanych w do-

kumentach XML (ang. *Extensible Markup Language*) wybór ten powodował duże ułatwienie w przeprowadzanych analizach. Dodatkowo systemy RDBMS z zaimplementowanym językiem zapytań SQL (ang. *Structured Query Language*) pozwalają na dokonanie zarówno analizy, jak i obróbki zebranych danych.

Do przechowywania danych wybrano deweloperską wersję SQL Server 2016. SQL Server umożliwia pracę z danymi w formacie XML, co było głównym powodem tego wyboru. Ze względu na dość ograniczone obsługiwane formularzy przez SQL Server zdecydowano się na zapisywanie danych zbieranych ręcznie w formularzu innego RDBMS, Microsoft Access. Połączenie pomiędzy obydwoma systemami było realizowane przez menadżera tabel połączonych w Access.

## Zbieranie danych

Pierwszym krokiem, który należało wykonać, było utworzenie tabeli w SQL Server. Następnie połączono się z tabelą SQL Server w Access poprzez menadżera tabel połączonych oraz utworzono formularz, w którym zamieszczono pola do wprowadzania danych. Kolejnym krokiem było umieszczenie i oprogramowanie okna z wyświetlanym filmem dotyczącym pieszego, w celu ułatwienia identyfikacji konkretnego pieszego. Było to duże ułatwienie, ponieważ porównywanie danych jedynie na podstawie pliku XML mogłoby prowadzić do zestawiania ze sobą niewłaściwych pieszych. Dane były zbierane na podstawie zdjęć robionych z kamery wideo w odstępach 0,2-sekundowych i zapisywane w formularzu.

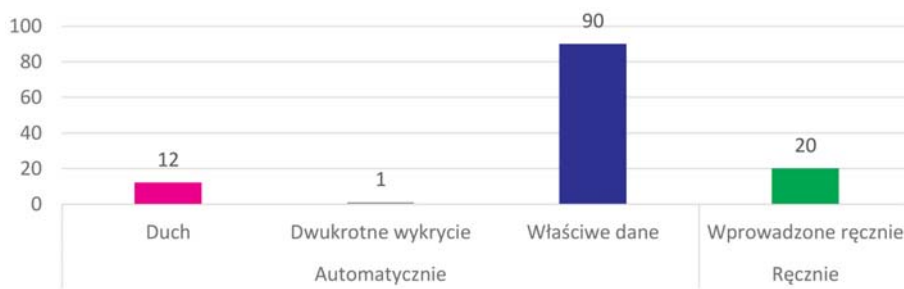
Bardzo duża liczba zbieranych parametrów oraz zdjęć była czynnikiem generującym znaczną liczbę błędów, przez co zdecydowano się na zbieranie parametrów, na podstawie których można było później weryfikować dane i wprowadzać niezbędne poprawki.

Kolejnym krokiem było utworzenie dwóch widoków tabeli. Widok jest to wirtualna tabela, która fizycznie nie przechowuje danych, a jedynie prezentuje je w określony sposób na podstawie istniejących tabel lub innych widoków. Pierwszy widok prezentował tylko rekordy, dla których były zbierane dane. Drugi widok powstał na podstawie pierwszego widoku, wykluczając wszystkie rekordy oznaczone jako „duch” (fałszywe wykrycie) oraz zduplikowane rekordy. Właściwa analiza prowadzona była na podstawie drugiego widoku.

Następnie utworzono oraz wywołano procedurę importującą dane z plików XML do tabeli SQL Server. Procedurę opracowano na podstawie [9]. Dane były przechowywane lokalnie na dysku twardym. Podczas wywoływania procedury podawana była lokalizacja, w której znajdują się pliki, po czym pliki były importowane, a zawartość zapisywana w kolumnie o typie danych xml. Następnie, w celu uzyskania lepszej wydajności, dane o formacie xml zamieszczone zostały w tabeli.

## Plan poligonu

Poligon badawczy znajdował się we Wrocławiu przy skrzyżowaniu ulic Mickiewicza i Godebskiego. Przejście dla



Rys. 1. Liczba rekordów uzyskanych z analizy pierwszej godziny

pieszych, dla którego zbierano dane dotyczące pieszych, znajdowało się na ulicy Mickiewicza.

W celu łatwiejszej identyfikacji kierunków przejścia pieszych oraz ruchu samochodów zdecydowano się na przyjęcie konwencji, w której cyframi oznaczono kierunki poruszania się pieszych, a literami kierunki poruszania się pojazdów. Poniżej opisano wszystkie 4 kierunki:

- kierunek 0 – kierunek poruszania się pieszych z północy na południe (z górnej części obrazu z kamery na dół),
- kierunek 1 – kierunek poruszania się pieszych z południa na północ (z dolnej części obrazu z kamery na górę),
- kierunek A – kierunek poruszania się pojazdów ze wschodu na zachód (z prawej części obrazu z kamery w lewo),
- kierunek B – kierunek poruszania się pojazdów z zachodu na wschód (z lewej części obrazu z kamery w prawo).

## Analiza obrazu wideo

W związku z bardzo dużą pracochłonnością badań, wynikającą z mnogości badanych parametrów ruchu, zdecydowano o zebraniu danych i przeprowadzeniu szczegółowych badań dla jednej godziny. Badania zostały wykonane dla okresu 8:00–9:00 w dniu 01.10.2015 r.

Do obliczenia podstawowych statystyk użyto wbudowanych funkcji SQL dla średniej w populacji, wariacji w populacji i odchylenia standardowego w populacji oraz własnych zapytań dla dominanty, liczebności wystąpień dominanty oraz mediany.

W pierwszej analizowanej godzinie zanotowano 123 rekordy, z których 103 rekordy to rekordy zarejestrowane przez system rejestracji obrazu, a 20 rekordów zostało dodanych ręcznie z powodu niewykrycia pieszych przez system. Wśród 103 rekordów zarejestrowano 12 wystąpień tak zwanych „duchów”, czyli błędnie wykrytych pieszych, którymi w rzeczywistości były elementy pojazdów. Jeden pieszy został również zarejestrowany dwukrotnie. Na rysunku 1 przedstawiono graficznie rozkład elementów.

Łączna liczba rekordów wykorzy-

stana do dalszych badań z pierwszej badanej godziny wyniosła 110. Zbadano 19 niżej opisanych charakterystyk.

## Kierunek przejścia

Pierwszą badaną charakterystyką był kierunek przejścia pieszego. Wyróżniono dwa kierunki:

- kierunek 0 – kierunek od torowiska tramwajowego do dolnej granicy obrazu z kamery,
- kierunek 1 – kierunek od dolnej granicy obrazu z kamery do torowiska tramwajowego.

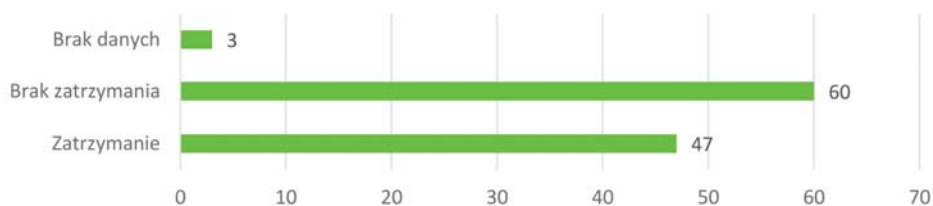
Zanotowano 43 przejścia w kierunku 0 oraz 67 przejść w kierunku 1. Wyniki przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Liczba pieszych względem kierunku przejścia

## Informacja o zatrzymaniu pieszego oraz rozglądanie się pieszych przed przejściem

Kolejnym badanym zagadnieniem było sprawdzenie informacji, czy piesi wchodzą na przejście bez zatrzymania lub czy przed przejściem zatrzymują się w celu przepuszczenia pojazdu albo upewnienia się, czy pojazd nie nadjeżdża. Należy zaznaczyć, że zmniejszenie prędkości pieszego przed przejściem nie było traktowane jako zatrzymanie. Zanotowano 47 przejść, kiedy pieszy zatrzymał się przed przejściem, 60 przejść, gdy pieszy przeszedł przez przejście bez zatrzymania oraz 3 przejścia, gdzie nie można było stwierdzić, czy pieszy przechodził bez zatrzymania z powodu ograniczonego pola widzenia kamery wideo. Przejścia, przy których nie można było stwierdzić zatrzymania, były odnotowane tylko w przypadku przejść z kierunku 1. Dane zostały przedstawione na rysunku 3.



Rys. 3. Informacja o zatrzymaniu pieszych

Tabela 1. Brak rozejrzenia się przynajmniej w jednym kierunku przez pieszego

L.p.	Informacja o zatrzymaniu	Rozgląda się w kierunku A	Rozgląda się w kierunku B	Czy zatrzymał się pojazd jadący z kierunku A	Czy zatrzymał się pojazd jadący z kierunku B
1	Stop	Nie	Nie	Tak	Nie lub brak pojazdu
2	Stop	Nie	Tak	Tak	Tak
3	Stop	Tak	Nie	Tak	Tak
4	Bez zatrzym.	Tak	Nie	Tak	Tak

Przy badaniu informacji o zatrzymaniu sprawdzano wzrokowo na podstawie zdjęć z kamery, czy pieszy rozgląda się w obydwu strony przed przejściem. W związku z przyjętą metodą badawczą polegającą na wzrokowej ocenie fotografii, badania należy traktować poglądowo i nie wyciągać na ich podstawie daleko idących wniosków. Analiza wideo pozwoliła na zidentyfikowanie 98 pieszych, którzy na pewno spojrzeli w obydwu kierunkach, 8 pieszych, w przypadku których brak jest możliwości stwierdzenia, czy na pewno spojrzeli w obydwu kierunkach oraz 4 pieszych, w przypadku których na pewno można stwierdzić, że przeszli przez przejście nie spoglądając przynajmniej w jednym kierunku. Wśród 4 pieszych odnotowano jednego pieszego, który przeszedł przez przejście w ogóle nie upewniając się, czy z którejkolwiek strony nie nadjeżdża pojazd.

Na podstawie powyższych danych można wywnioskować, że 3,(63)% pieszych nierozglądających się przynajmniej w jednym kierunku jest znaczącą wartością, ponieważ taki procent osób może być narażony na sytuację konfliktową z pojazdem nadjeżdżającym przynajmniej z jednej strony. Jednak tak duża liczba pieszych nierozglądających się może być spowodowana tym, że piesi przechodzili przez przejście, gdy zatrzymały się pojazdy z przynajmniej jednego kierunku ruchu i na obrazie ciężko było zarejestrować wyraźny ruch głowy. Przytoczone dane zostały przedstawione w tabeli 1.

### Miejsce oczekiwania na przejście

Miejsce i czas oczekiwania na przejście to kolejne charakterystyki ruchu pieszego, które zostały zbadane podczas analizy. Miejsce oczekiwania zostało określone w sposób przybliżony na podstawie zdjęć. Do określenia miejsca oczekiwania pieszego, ze względu na brak możliwości dokładnego określenia, przyjęto jedenaście piętnastocentymetrowych przedziałów oraz pseudowartość NULL w przypadku, gdy nie można było jednoznacznie określić miejsca oczekiwania (sytuacja taka występowała w przypadku, gdy pieszy oczekiwał na przejście poza obszarem widoczności kamery wideo). Przedziały zostały ponumerowane w następujący sposób: 1: 0–15 cm, 2: 15–30 cm, 3: 30–45 cm, 4: 45–60 cm, 5: 60–75 cm, 6: 75–90 cm,

7: 90–105 cm, 8: 105–120 cm, 9: 120–135 cm, 10: 135–150 cm, 11: ponad 150 cm.

Jako początkową odległość określono miejsce, gdzie pieszy pierwszy raz zatrzymał się podczas przechodzenia na drugą stronę jezdni. Zanotowano również końcową odległość oczekiwania. Jest to miejsce, w którym pieszy znajdował się w momencie rozpoczęcia ruchu świadczącego o zamiarze przekroczenia przejścia. W związku z tym niekoniecznie musi to być miejsce początku jezdni. W analogiczny sposób określono początkowy oraz końcowy czas oczekiwania na przejście. Dane zostały wyznaczone tylko dla pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem, czyli

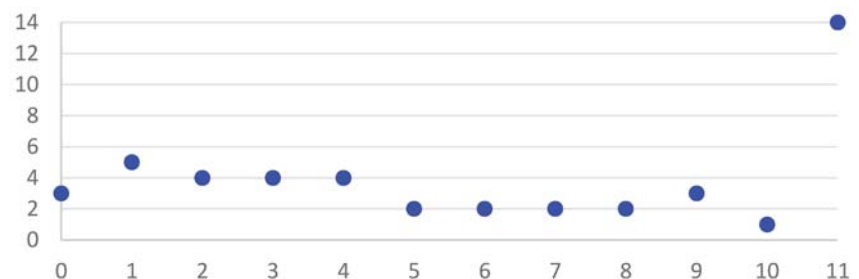
czego o zamiarze przekroczenia przejścia. W związku z tym niekoniecznie musi to być miejsce początku jezdni. W analogiczny sposób określono początkowy oraz końcowy czas oczekiwania na przejście. Dane zostały wyznaczone tylko dla pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem, czyli

Tabela 2. Podstawowe statystyki dotyczące odległości w jakich piesi oczekują na przejście [cm]

Średnia odległość początkowa	6
Średnia odległość końcowa	5
Maksymalna odległość początkowa	11
Minimalna odległość początkowa	0
Maksymalna odległość końcowa	11
Minimalna odległość końcowa	0
Wariancja odległości początkowej	16,4
Wariancja odległości końcowej	14,1
Odchylenie standardowe odległości początkowej	4,0
Odchylenie standardowe odległości końcowej	3,8

Tabela 3. Rozkład początkowej odległości oczekiwania [cm]

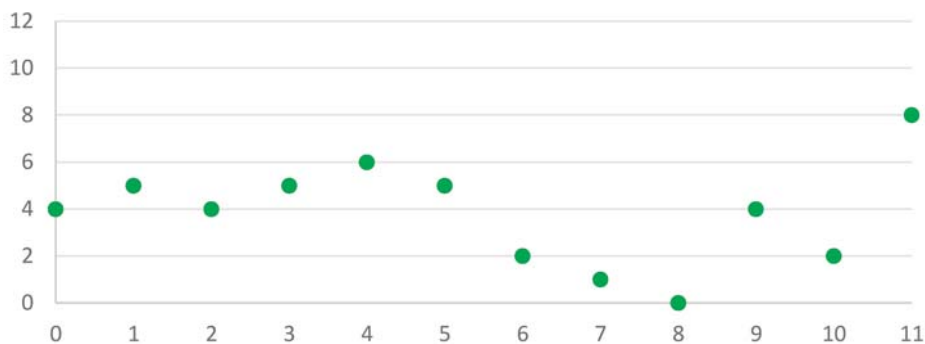
Odległość początkowa oczekiwania	NULL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Liczba	1	3	5	4	4	4	2	2	2	2	3	1	14



Rys. 4. Rozkład liczebności początkowej odległości oczekiwania

Tabela 4. Rozkład końcowej odległości oczekiwania [cm]

Odległość końcowa oczekiwania	NULL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Liczba	1	4	5	4	5	6	5	2	1	0	4	2	8



Rys. 5. Rozkład liczebności końcowej odległości oczekiwania

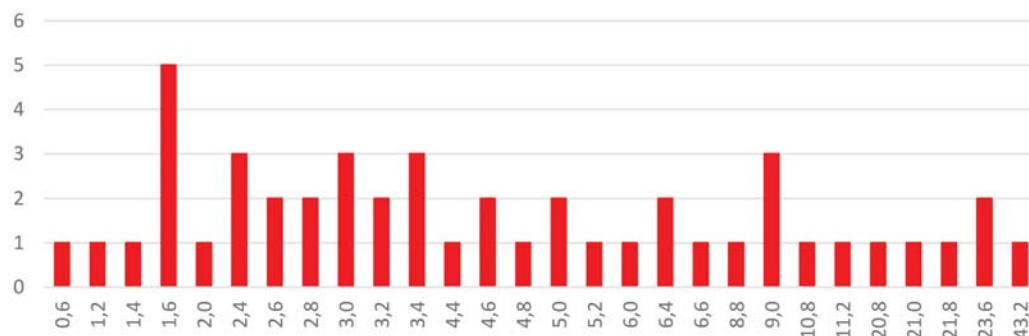
dla 44 pieszych. W tabeli 2 przedstawiono podstawowe statystyki dotyczące odległości (przedziału), w jakiej piesi oczekują na przejście.

Z tabeli 2 widać, że piesi średnio rozpoczynają oczekiwanie na przejście w odległości 75–90 cm, zbliżając się do krawędzi jezdni i kończą oczekiwanie w odległości 60–75 cm. Świadczy to o tym, że piesi nie oczekują cały czas w tym samym miejscu, wraz z upływem czasu zbliżają się do krawędzi, być może próbując wymusić na kierujących pojazdami zatrzymanie i ustąpienie pierwszeństwa. Jest to jednak niewielka odległość. Średnio piesi cały czas kończą oczekiwanie na przejście w bezpiecznej odległości od krawędzi jezdni.

Kolejnym wnioskiem jaki można wyciągnąć z powyższej tabeli jest to, że miejsce oczekiwania charakteryzuje się dużym stopniem rozproszenia. Wysoka wariancja oraz odchylenie standardowe świadczą o tym, że średnia nie jest odpowiednim parametrem do scharakteryzowania miejsca

Tabela 5. Podstawowe statystyki dotyczące czasu oczekiwania na przejście [s]

Średni czas oczekiwania	7,0
Maksymalny czas oczekiwania	43,2
Minimalny czas oczekiwania	0,6
Wariancja czasu oczekiwania	65,5
Odchylenie standardowe czasu oczekiwania	8,1
Dominanta	1,6
Liczba wystąpień dominanty	5
Mediana	3,4



Rys. 6. Częstość występowania czasu oczekiwania na przejście

oczekiwania przez pieszych. Z tego powodu wyznaczono również rozkłady oczekiwania. W tabelach 3 i 4 oraz na rysunkach 4 i 5 zaprezentowano rozkłady odległości oczekiwania.

Z powyższych rozkładów widać, że piesi najczęściej oczekują na przejście w odległości do 75 cm oraz w odległości powyżej 150 cm.

### Czas oczekiwania na przejście

Czas oczekiwania na przejście został wyznaczony jako różnica czasu zatrzymania oraz czasu, w którym pieszy rozpoczyna ruch świadczący o rozpoczęciu przechodzenia przez jezdnię. Na podstawie miejsca oczekiwania widać, że nie zawsze jest to krawędź jezdni. Ze względu na przedziały czasowe o wartości 0,2 sekundy, w jakich robione były zdjęcia, na podstawie których zapisywano czas przejścia, czas w tym przypadku był traktowany jako zmienna dyskretna oraz podany w sekundach z dokładnością do dziesiątej części. W tabeli 5 zostały przedstawione podstawowe statystyki dotyczące czasu oczekiwania na przejście.

Jak można wywnioskować z tabeli 5, odchylenie standardowe, które jest większe od średniej arytmetycznej, świadczy o dużym stopniu rozproszenia czasów oczekiwania. Dlatego lepszym sposobem opisu może być dominanta oraz mediana. Na rysunku 6 przedstawiono częstość występowania poszczególnych czasów oczekiwania [s].

Jeżeli czas oczekiwania potraktujemy jako różnicę czasu zatrzymania i czasu wejścia na jezdnię, charakterystyki prezentują się jak w tabeli 6 i na rysunku 7.

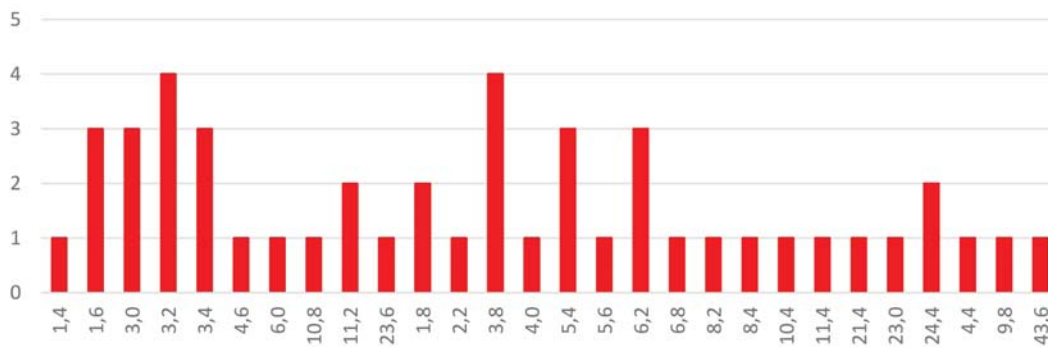
Tabela 6. Podstawowe statystyki dotyczące czasu oczekiwania na przejście, wersja 2 [s]

Średni czas oczekiwania	7,8
Maksymalny czas oczekiwania	43,6
Minimalny czas oczekiwania	1,4
Wariancja czasu oczekiwania	67,2
Odchylenie standardowe czasu oczekiwania	8,2
Dominanta	3,2 oraz 3,8
Mediana	4,6

Jak widać z wykresów 6 i 7, w drugim przypadku zarówno średnia, jak i mediana wzrosły odpowiednio o 0,8 s oraz 1,2 s. Dużo większy wzrost zanotowała dominanta, która dodatkowo w drugim przypadku przyjmuje dwie wartości: 3,2 oraz 3,8 s.

### Czas przejścia

Jedną z najważniejszych charakterystyk wyznacza-



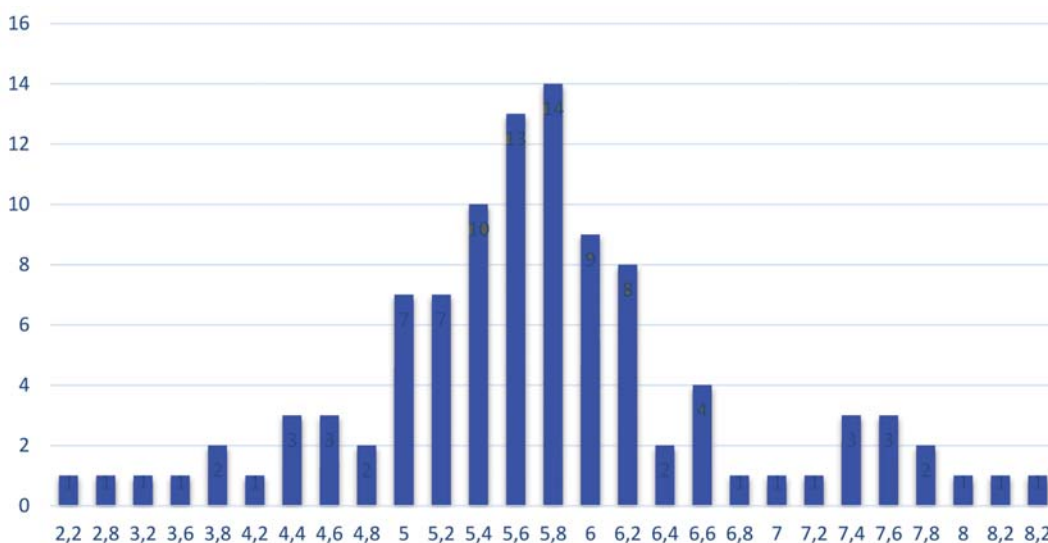
Rys. 7. Częstość występowania czasu oczekiwania na przejście, wersja 2

nych podczas analizy był czas przejścia, traktowany jako różnica czasu pojawienia się pieszego w świetle jezdni oraz czasu całkowitego zejścia pieszego z jezdni. W tabeli 7 przedstawiono podstawowe parametry charakteryzujące czas przejścia.

Tabela 7. Podstawowe parametry dotyczące czasu przejścia [s]

Średni czas przejścia	5,7
Maksymalny czas przejścia	8,2
Minimalny czas przejścia	2,2
Wariancja czasu przejścia	1,1
Odchylenie standardowe czasu przejścia	1,0
Liczba pieszych	110
Dominanta	5,8
Liczba wystąpień dominanty	14
Mediana	5,6

Powyższe charakterystyki świadczą o bardzo małym rozproszeniu wyników, czego można było się spodziewać. Uzyskane wyniki są także bardziej wiarygodne ze względu na dużą liczbę badanych pieszych. Bardzo mała różnica po-



Rys. 8. Rozkład czasu przejścia pieszego [s]

między średnią, dominantą oraz medianą świadczy o tym, że średnia prędkość jak najbardziej może być brana pod uwagę jako podstawowa miara opisu prędkości ruchu pieszych. Różnice w regularnych odstępach, jak wcześniej wspomniano, są spowodowane odstępem czasowym wynoszącym 0,2 s pomiędzy zdjęciami, na podstawie których notowano czas wejścia oraz zejścia.

Najkrótszy czas przejścia wyniósł 2,2 s. Był to pieszy przebiegający pomiędzy samochodami jadącymi w dość znacznym odstępnie. Pieszego charakteryzowało również to, że zatrzymał się, aby ustąpić pierwszeństwa pierwszym samochodom z kolumny. Kolejny najkrótszy czas w wysokości 2,8 s należał do pieszego, który przebiegał przed samochodem, który ustąpił mu pierwszeństwa. Dopiero czwarty najkrótszy czas należał do rowerzysty, który przejeżdżał przez przejście, i wynosił 3,6 s. Może to być spowodowane tym, iż pomimo łamania przepisów ruchu drogowego, rowerzyści zachowują „zdrowy rozsądek” i starają się przejeżdżać przez przejścia z umiarkowaną prędkością, zwłaszcza że w porównaniu z pieszymi mają dużo mniejszą możliwość manewru, gdy już znajdują się na przejściu.

Najdłuższy czas przejścia należał do dwóch pieszych poruszających się w grupie i wynosił odpowiednio 8,2 i 8,0 s. Piesi przechodzili tak wolnym tempem z powodu prowadzonej pomiędzy sobą rozmowy oraz ze względu na to, że z żadnego z kierunków ruchu nie nadjeżdżał pojazd. Kolejny najdłuższy czas w wysokości 7,8 s należał do dwóch osób. Kobiety w wieku powyżej 60 lat, która, gdyby nie zatrzymała się na początku przejścia, zostałaby potrącona przez nadjeżdżający samochód, oraz osoby przechodzącej w grupie, która oczekiwała na osobę idącą na końcu. Na rysunku 8 przedstawiono rozkład czasu przejścia pieszego przez przejście dla pieszych.

Powyższy wykres rozkładu czasu przejścia jest zbliżony do rozkładu normalnego. W dalszej części pracy przeprowadzono test na zgodność rozkładu czasu przejścia z rozkładem normalnym. Na wykresie pominięto ośmiu pieszych, ponieważ ze względu na ograniczoną widoczność z kamery nie było możliwości określenia czasu wejścia lub czasu zejścia.

### Czas przejścia w zależności od konieczności zatrzymania się przed przejściem

W tabelach 8 i 9 oraz na rysunkach 9 i 10 przedstawiono charakterystyki czasu przejścia w zależności od zatrzymania przed przejściem.

Tabela 8. Podstawowe parametry dotyczące czasu przejścia dla pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem[s]

Średni czas przejścia	5,6
Maksymalny czas przejścia	7,8
Minimalny czas przejścia	2,2
Wariancja czasu przejścia	0,8
Odchylenie standardowe czasu przejścia	0,9
Liczba pieszych	47
Dominanta	5,8
Liczba wystąpień dominanty	8
Mediana	5,6

Tabela 9. Podstawowe parametry dotyczące czasu przejścia dla pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania [s]

Średni czas przejścia	5,8
Maksymalny czas przejścia	8,2
Minimalny czas przejścia	2,8
Wariancja czasu przejścia	1,3
Odchylenie standardowe czasu przejścia	1,1
Liczba pieszych	60
Dominanta	5,6
Liczba wystąpień dominanty	7
Mediana	5,6

Na rysunku 11 porównano rozkłady czasów przejścia dla pieszych ogółem z pieszymi, którzy zatrzymali się przed przejściem oraz tymi, którzy przeszli przez przejście bez zatrzymania.

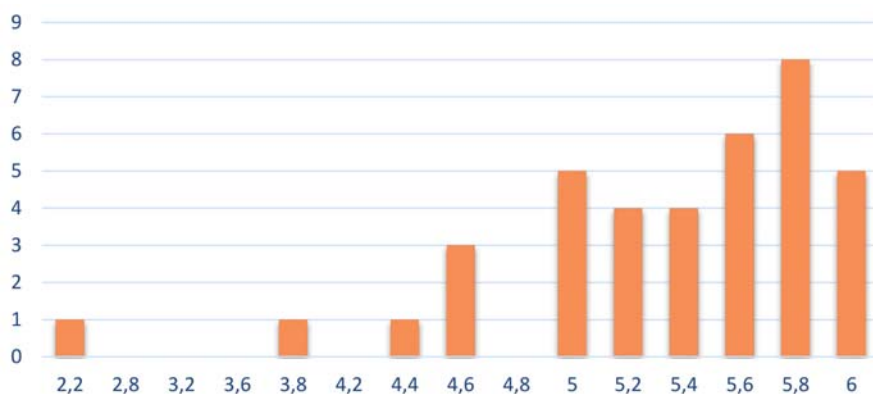
Wyniki zawarte w tabelach 8 i 9 oraz na rysunku 11 świadczą o tym, że czas przejścia pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem jest mniej rozproszony, wariancja jest mniejsza o 0,5 s, a odchylenie standardowe o 0,2 s. Miary tendencji centralnej, czyli średnia, mediana oraz dominanta są praktycznie identyczne dla obydwu przypadków.

### Czynniki rozpraszaające uwagę pieszego

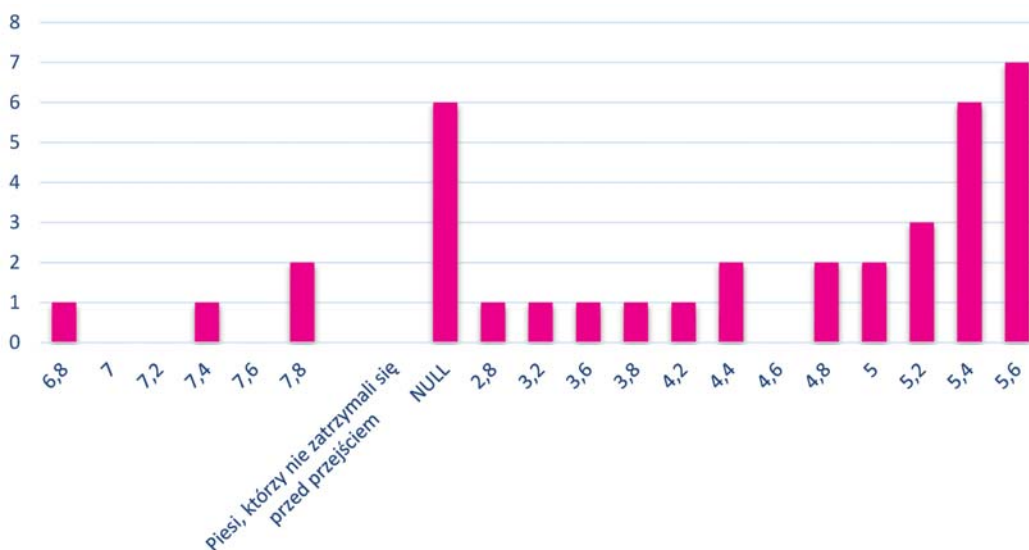
Czynniki rozpraszaające uwagę pieszego, które postanowiono odnotować to:

- rozmowa przez telefon komórkowy lub wpatrywanie się w ekran telefonu,
- słuchawki (w tym przypadku biorąc pod uwagę jakość zdjęć istnieje duże prawdopodobieństwo, że pominięto niektóre przypadki),
- zarówno jazda, jak i prowadzenie roweru,
- prowadzenie zarówno wózka dziecięcego, jak i wózka do przewozu przedmiotów,
- przechodzenie przez przejście ze zwierzęciem,
- przechodzenie przez przejście w trakcie spożywania posiłku.

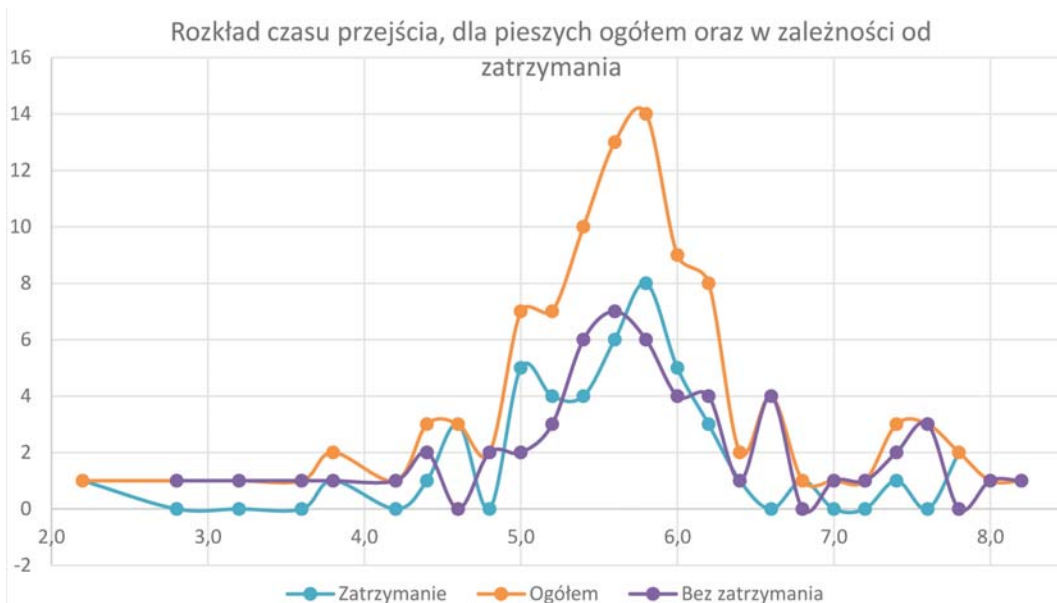
Wszystkie te czynniki wybrano ze względu na możliwość rozproszenia uwagi pieszego przed przejściem lub mogące mieć wpływ na zachowanie powodujące



Rys. 9. Rozkład czasu przejścia dla pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem



Rys. 10. Rozkład czasu przejścia dla pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania



Rys. 11. Porównanie rozkładów czasu przejścia [s]

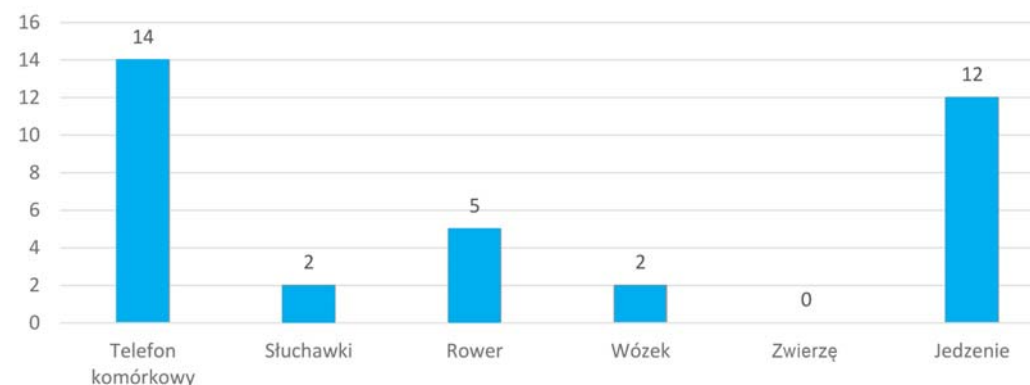
dużo większe prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji konfliktowej pieszy–pojazd lub wywołać inne zachowanie kierującego pojazdem. Czynniki te zostały wybrane na podstawie kilkuset losowo wybranych pieszych spośród filmików z całego dnia, w związku z czym analiza nie została ograniczona tylko do czynników występujących podczas badanej godziny. Na rysunku 12 przedstawiono liczebność pieszych, u których zanotowano występowanie czynników rozpraszających uwagę.

Zgodnie z wykresem zamieszczonym na rysunku 13, czynnikiem najczęściej absorbującym uwagę pieszego

wali się zgodnie z przepisami schodząc z roweru.

### Grupy pieszych

Podczas badania ruchu pieszych szczególną uwagę zwrócono również na pieszych poruszających się w grupie. Starano się zaobserwować, czy zachowania w grupie odpowiadają zachowaniom pojedynczych pieszych przekraczających jezdnię. Podczas badanej godziny zanotowano 63 pieszych, którzy poruszali się w grupie. Jest to 57, (27)% wszystkich pieszych zanotowanych podczas badanej godziny. Zanotowano 4 liczebności grup: grupy 2-, 3-, 4- i 6-osobowe. Na rysunkach 14 i 15 przedstawiono strukturę grup.



Rys. 12. Czynniki rozpraszające uwagę pieszego



Rys. 13. Liczba rowerzystów i sposób pokonania przez nich przejścia

Najwięcej pieszych – 27 przechodziło przez jezdnię w grupach 3-osobowych, co dało 9 takich grup. 26 pieszych przeszło przez jezdnię w grupach 2-osobowych, co dało 13 takich grup. Zanotowano również po jednej 4- i 6-osobowej grupie. Warto dodać, że żadna z osób z grupy 6-osobowej nie została automatycznie wykryta.

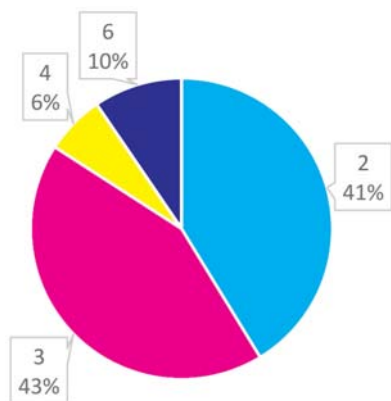
Grupa ta mogła zostać zakwalifikowana jako pojazd ze względu na swoje rozmiary.

Wartym analizy czynnikiem jest automatyczne wykrywanie pieszych w grupie przez system rozpoznawania obrazu. Spośród wszystkich 63 pieszych poruszających się w grupie, aż 19 osób nie zostało rozpoznanych (rysunek 16). Jest to aż 95% przypadków wszystkich niewykrytych pieszych. Tylko jeden niewykryty pieszy nie poruszał się w grupie. Był to pieszy, który poruszał się na granicy widoczności kamery.

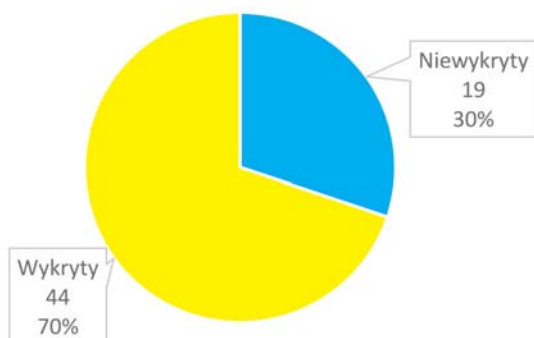




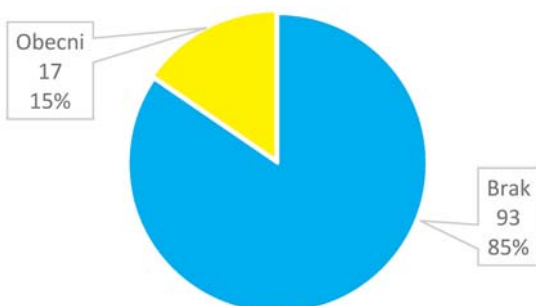
Rys. 14. Liczba pieszych w poszczególnych grupach n-osobowych



Rys. 15. Procentowy udział pieszych w poszczególnych grupach



Rys. 16. Liczba wykrytych/niewykrytych pieszych poruszających się w grupach



Rys. 17. Liczba pieszych, dla których zaobserwowano osoby po drugiej stronie przejścia

Kolejną wartością odnotowaną obserwacją jest to, że niewykryci piesi stanowili aż 30% pieszych poruszających w grupach.

### Obecność pieszych po przeciwnej stronie przejścia

Podczas zbierania danych odnotowano również obecność pieszych po przeciwnej stronie przejścia. Dane te mogą posłużyć do możliwego wyjaśnienia zachowania zarówno pieszych,

jak i kierowców w takich przypadkach. Podczas badanej godziny zaobserwowano 17 pieszych, którzy mieli szansę zaobserwować osoby znajdujące się po przeciwległej stronie przejścia (rysunek 17). Stanowili oni 15% wszystkich pieszych.

### Przejazd tramwaju

Kolejną obserwowaną charakterystyką był przejazd tramwaju. Notowany był tylko przejazd, który zmuszał pieszego do zatrzymania i przepuszczenia tramwaju (rysunek 18). Zaobserwowano 11 pieszych, którzy musieli zatrzymać się, aby przepuścić tramwaj oraz 99 przypadków, w których tramwaj nie przejeżdżał.

Dodatkowo zbadano również, z którego kierunku nadchodzili piesi przepuszczający tramwaj. Siedmiu pieszych przemieszczało się z kierunku 0, a czterech z kierunku 1.

### Płeć

Podczas badania zebrano również dane o płci pieszych. Dane dotyczące płci przedstawiono na rysunku 19.

Struktura płci nieznacznie różni się od płci podawanej przez Główny Urząd Statystyczny [10]. Udział procentowy płci podawany przez GUS wynosi odpowiednio 48,4% dla mężczyzn oraz 51,6% dla kobiet.

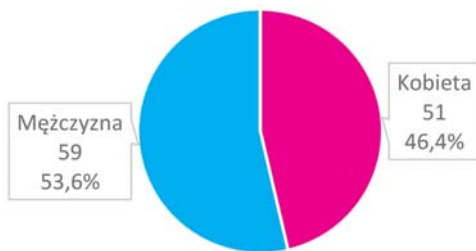
### Wiek

Wiek przechodniów ze względu na przyjętą metodę badawczą należy traktować wyłącznie poglądowo. Ocena wieku na podstawie zdjęć z kamery może być obciążona dużym błędem. Wiek przechodniów został oceniony na podstawie przedziałów: 0÷6, 7÷17, 18÷24, 25÷39, 40÷59, 60+. Przedziały zostały wyznaczone na podstawie przedziałów prezentowanych w danych o wypadkach udostępnianych przez policję [11]. Jedyną zmianą, jaka nastąpiła, to zagregowanie przedziałów 7÷14 oraz 15÷17 w 7÷17 z powodu braku możliwości rozróżnienia wieku pieszych na podstawie zdjęć.

Zgodnie z wykresem na rysunku 20 nie zaobserwowano żadnego pieszego w przedziale wiekowym 0÷6 lat. Najwięcej zaobserwowanych pieszych, 49, znajduje się w przedziale wiekowym 18÷24. Najprawdopodobniej spowodowane jest to bliskością uczelni wyższej w pobliżu poligonu badawczego.



Rys. 18. Przepuszczanie tramwaju przez pieszych



Rys. 19. Płeć przechodniów



Rys. 20. Struktura wieku pieszych

### Nieostrożne wejście na jezdnię

Zdarzenia, które można zakwalifikować jako nieostrożne wejście na jezdnię, podzielono na dwa oddzielne zachowania: wejście bezpośrednio przed nadjeżdżający pojazd, poruszający się po tym samym pasie, na który wchodzi pieszy oraz próba wymuszenia zatrzymania pojazdu przez pieszego poprzez wejście na przeciwny pas ruchu lub wejście na krawędź jezdni na pasie, po którym porusza się pojazd.

W badanym okresie nie odnotowano ani jednego wejścia bezpośrednio przed nadjeżdżający pojazd, poruszający się po tym samym pasie. Spowodowane to było krótkim okresem i w efekcie małą próbą. Odnotowano za to 11 przypadków prób wymuszenia zatrzymania pojazdu przez pieszego poprzez wejście na przeciwny pas ruchu lub wejście na krawędź jezdni na pasie, po którym porusza się pojazd.

### Liczba przejeżdżających pojazdów

Kolejną mierzoną charakterystyką była liczba pojazdów, które przejechały zanim pieszy przeszedł przez przejście. Liczba przejeżdżających pojazdów ściśle powiązana jest z czasem oczekiwania na przejście. Tak jak w przypadku czasu przejścia, charakterystyki dotyczące liczby pojazdów podzielono na trzy kategorie: dla wszystkich pieszych, dla pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania oraz dla pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem.

Tabela 10. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów dla wszystkich pieszych

Średnia liczba przejeżdżających pojazdów	1,5
Maksymalna liczba przejeżdżających pojazdów	17
Minimalna liczba przejeżdżających pojazdów	0
Wariancja liczby przejeżdżających pojazdów	9
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających pojazdów	3
Liczba pojazdów ogółem	165

Tabela 11. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów dla pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania

Średnia liczba przejeżdżających pojazdów	0
Maksymalna liczba przejeżdżających pojazdów	1
Minimalna liczba przejeżdżających pojazdów	0
Wariancja liczby przejeżdżających pojazdów	0
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających pojazdów	0,1
Liczba pojazdów ogółem	1

Podział taki zastosowano z powodu braku lub bardzo małej liczby przejeżdżających pojazdów w przypadku pieszych, którzy przechodzili bez zatrzymania. W tabelach 10–13 przedstawiono charakterystyki ogółem dla wszystkich pieszych, niezależnie od zatrzymania przed przejściem.

Tabela 12. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów dla pieszych, w przypadku których nie można określić, czy zatrzymali się przed przejściem

Średnia liczba przejeżdżających samochodów	1,3
Maksymalna liczba przejeżdżających samochodów	3
Minimalna liczba przejeżdżających samochodów	0
Wariancja liczby przejeżdżających samochodów	1,6
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających samochodów	1,2
Liczba samochodów ogółem	4

W przypadku pieszych, dla których nie można określić, czy zatrzymali się przed przejściem, nie wyznaczono dominanty ze względu na ich małą liczbę – trzy osoby.

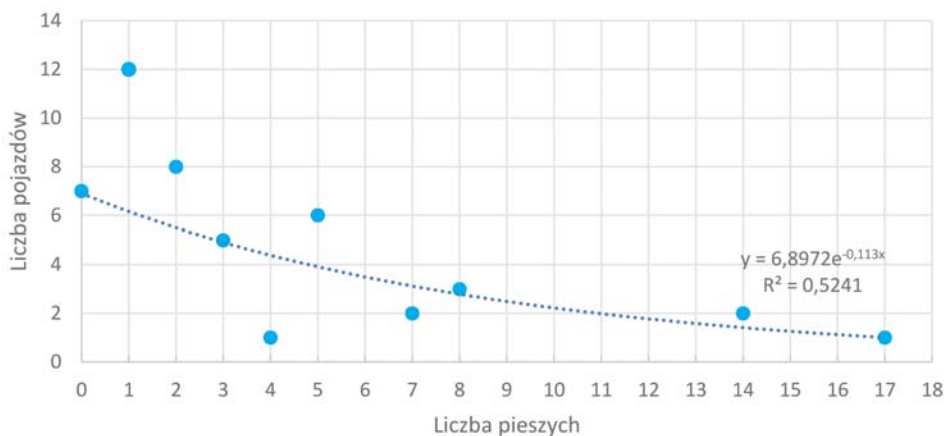
Tabela 13. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów dla pieszych, którzy się zatrzymali

Średnia liczba przejeżdżających pojazdów	3,4
Maksymalna liczba przejeżdżających pojazdów	17
Minimalna liczba przejeżdżających pojazdów	0
Wariancja liczby przejeżdżających pojazdów	14,5
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających pojazdów	3,8
Liczba pojazdów ogółem	160
Dominanta	1
Częstość	12
Mediana	2

Zgodnie z przedstawionymi w tabelach wynikami, dane dla pieszych, którzy się zatrzymali i dla tych, którzy przeszli bez zatrzymania różnią się całkowicie. W przypadku pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania zanotowano jeden samochód dla jednego pieszego. Pieszy w tym przypadku nie był zmuszony do zatrzymania, wystarczyło, że zmniejszył prędkość przy dochodzeniu do przejścia.

W przypadku pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem średnia liczba pojazdów, które przejechały zanim mogli przejść na drugą stronę, wyniosła trzy. Duże odchylenie standardowe oraz wariancja świadczą o dużym rozproszeniu liczby pojazdów, które musiały przejechać, aby pieszy mógł przekroczyć jezdnię. W związku z tym wyznaczono również rozkład liczby pojazdów w odniesieniu do pieszych, którzy musieli się zatrzymać. W przypadku pieszych, którzy przeszli bez zatrzymania, nie ma takiej potrzeby, w związku z jednym pojazdem, który w tym czasie przejechał.

Na rysunku 21 na osi poziomej przedstawiono liczbę pieszych, którzy się zatrzymali, aby przekroczyć jezdnię, a na osi pionowej przedstawiono liczbę pojazdów, które przejechały zanim piesi mogli bezpiecznie przejść na drugą stronę.



Rys. 21. Liczba pojazdów, które musieli przepuścić piesi, aby przejść przez przejście

Piesi, aby przejść przez przejście najczęściej musieli poczekać aż przejedzie jeden, dwa lub zero pojazdów. W ostatnim przypadku pojazd albo przepuścił pieszego, albo pieszy zatrzymał się dla upewnienia, czy nic nie nadjeżdża.

Rekordzista musiał poczekać aż przejedzie 17 pojazdów, zanim przekroczył przejście.

### Liczba przejeżdżających pojazdów w podziale na kierunki

W przypadku pieszych, którzy zatrzymali się przed przejściem, dokonano podziału pojazdów, które uniemożliwiły przejście na drugą stronę. Pojazdy podzielone zostały na kierunek jazdy zgodnie ze schematem omówionym na początku.

W tabeli 14 oraz na rysunku 22 przedstawiono dane dla kierunku A.

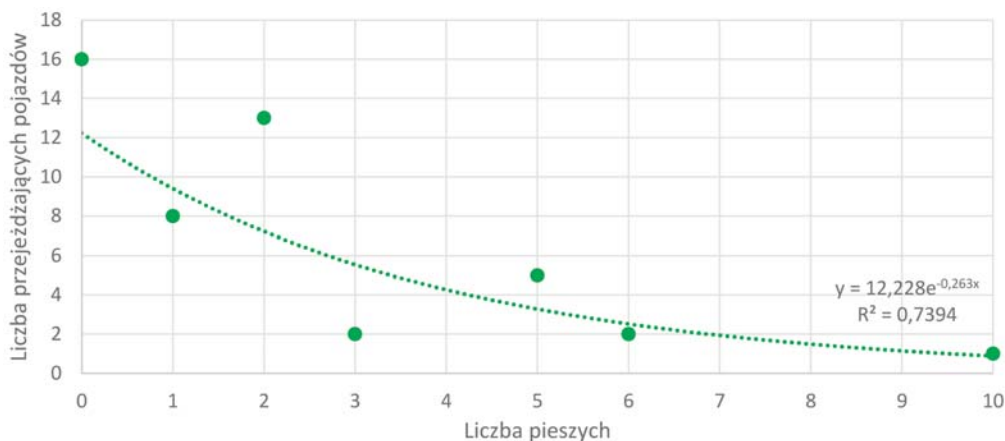
Tabela 14. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów jadących z kierunku A dla pieszych, którzy się zatrzymali

Średnia liczba przejeżdżających samochodów	1,9
Maksymalna liczba przejeżdżających samochodów	10
Minimalna liczba przejeżdżających samochodów	0
Wariancja liczby przejeżdżających samochodów	4,6
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających samochodów	2,1
Liczba samochodów ogółem	87
Dominanta	0
Częstość	16
Mediana	1

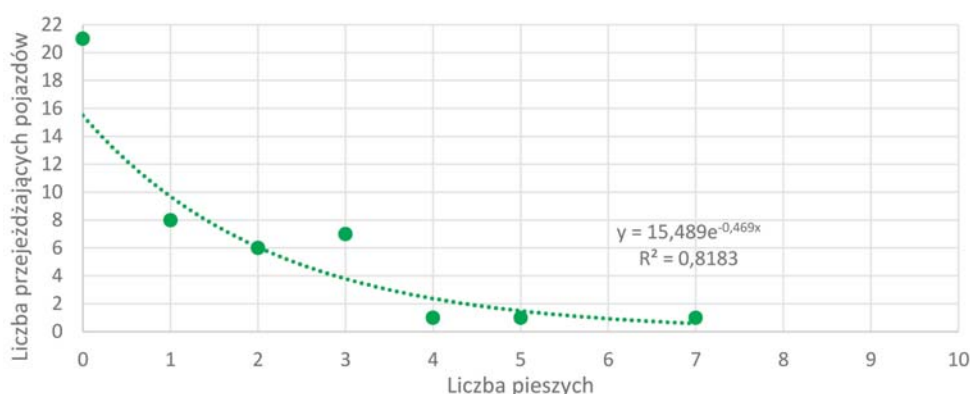
W tabeli 15 oraz na rysunku 23 przedstawiono dane dla kierunku B.

Tabela 15. Podstawowe parametry dotyczące liczby pojazdów jadących z kierunku B dla pieszych, którzy się zatrzymali

Średnia liczba przejeżdżających samochodów	1,6
Maksymalna liczba przejeżdżających samochodów	8
Minimalna liczba przejeżdżających samochodów	0
Wariancja liczby przejeżdżających samochodów	4,2
Odchylenie standardowe liczby przejeżdżających samochodów	2,1
Liczba samochodów ogółem	73
Dominanta	0
Częstość	21
Mediana	1



Rys. 22. Liczba pojazdów z kierunku A, które musieli przepuścić piesi, aby przejść przez przejście



Rys. 23. Liczba pojazdów z kierunku B, które musieli przepuścić piesi, aby przejść przez przejście

Z danych można odczytać, iż większa liczba pojazdów w trakcie przekraczania przejścia przez pieszych nadjeżdżała z kierunku A. Jest to zrozumiałe, ponieważ pojazdy jechały w kierunku centrum miasta w trakcie porannego szczytu. W obydwu przypadkach najczęściej występującą wartością było 0 pojazdów. Dopiero po zagregowaniu wartości z obydwu kierunków dominanta wyniosła 1 pojazd. W obydwu przypadkach odchylenie standardowe było takie samo i wyniosło 2,1 pojazdu, co świadczy o identycznym rozproszeniu wyników.

### Zatrzymanie pojazdów

Tabela 16. Dane dotyczące zatrzymania pojazdów w celu ustąpienia pierwszeństwa pieszemu

Zatrzymanie pojazdu z kierunku A	Zatrzymanie pojazdu z kierunku B	Liczba pieszych	Procent
1	Brak danych	6	5,5%
0	0	51	46,4%
1	0	28	25,5%
0	1	7	6,4%
1	1	18	14,5%

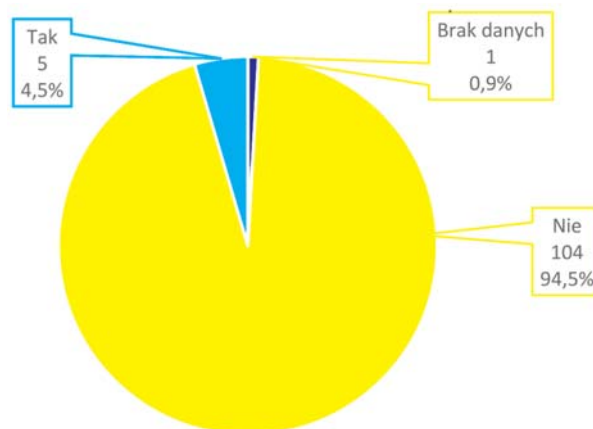
Kolejną charakterystyką ruchu, która była badana, było zatrzymanie pojazdu w celu ustąpienia pierwszeństwa pieszemu. Dane dotyczące zatrzymania pojazdów przedstawiono w tabeli 16.

Na podstawie danych z tabeli 16 łatwo zauważyć, że najczęstszą sytuacją był brak zatrzymania się pojazdu, z którejkolwiek strony. Sytuacja taka wystąpiła w 51 przypadkach na 110, co stanowi 46,4% wszystkich możliwości. Sytuacja, gdy zatrzymały się pojazdy z obydwu stron, stanowi 16,4% przypadków. Dużo większą liczbę przypadków stanowi zatrzymanie się pojazdu nadjeżdżającego z kierunku A, m.in. ze względu na większą liczbę pojazdów nadjeżdżających z tej strony. Ogólna liczba zatrzymań pojazdów nadjeżdżających przynajmniej z jednego kierunku wyniosła 59.

Dodatkowo zanotowano sytuację, gdy nie można stwierdzić, czy pojazd się zatrzymał. Sytuacja taka występowała tylko dla kierunku B, z powodu ograniczonej widoczności z kamery.

### Niebezpieczne zachowania kierujących pojazdami

Kolejną badaną charakterystyką były niebezpieczne zachowania kierujących pojazdami. Zachowania podzielono na 3 kategorie:



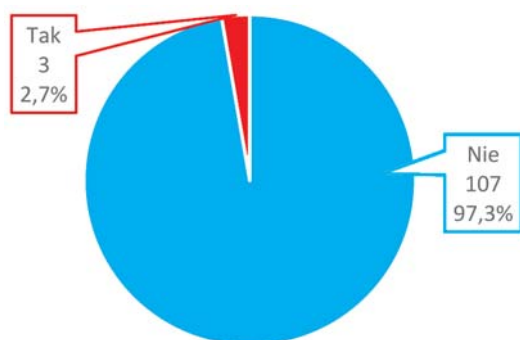
Rys. 24. Nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu, pomimo że pojazd jadący z przeciwnego kierunku ustąpił pierwszeństwa

- nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu, pomimo że pojazd jadący z przeciwnego kierunku ustąpił pierwszeństwa,
- próba omijania lub wyprzedzania pojazdu ustępującego pierwszeństwa,
- przyspieszanie w momencie, gdy pieszy znajduje się na jezdni.

Zebrane dane przedstawiono na rysunku 24.

Podczas badanej godziny wystąpiło aż 5 przypadków nieustąpienia pierwszeństwa pieszemu, pomimo że pojazd jadący z przeciwnego kierunku ustąpił pierwszeństwa. Jest to bardzo niebezpieczne zachowanie kierujących pojazdami, ponieważ pieszy w takiej sytuacji jest narażony na sytuację konfliktową z pojazdem. W stosunku do wszystkich 57 przypadków, w których pojazd zatrzymał się przynajmniej z jednego kierunku, jest to aż 8,8% wszystkich przypadków zatrzymań pojazdów.

Nie zanotowano ani jednej próby omijania lub wyprzedzania pojazdu ustępującego pierwszeństwa. W jednym przypadku nie można było być tego całkowicie pewnym z powodu ograniczonej widoczności, jednak było to bardzo mało prawdopodobne.



Rys. 25. Przyspieszanie w momencie, gdy pieszy znajduje się na jezdni

Zanotowano również trzy próby przyspieszenia (rysunek 25), w momencie, gdy pieszy znajduje się na jezdni. Jest to kolejne bardzo niebezpieczne zachowanie kierujących pojazdami, które może doprowadzić do zdarzenia z udziałem pieszego.

Ze względu na wystąpienie dwóch rodzajów niebezpiecznych zachowań kierujących pojazdami, dokonano sprawdzenia, czy zdarzenia te nie wystąpiły równocześnie. W jednym przypadku zdarzyło się, że pojazd nie ustąpił pierwszeństwa oraz dodatkowo przyspieszył, gdy pieszy znajdował się już na samym początku przejścia.

### Reakcja pieszego na przejściu w przypadku nadjeżdżającego lub zatrzymującego się pojazdu

W przypadku tej charakterystyki badano, czy pieszy przebiega widząc nadjeżdżający lub zatrzymujący się pojazd. Zanotowano trzy przypadki przebiegania pieszego przez przejście. W jednym przypadku pojazd przepuszczał pie-

szego, w dwóch pozostałych były to niebezpieczne zachowania, ponieważ piesi przebiegali przed jadącymi samochodami.

### Dobieganie do przejścia

Kolejną badaną charakterystyką było dobieganie do przejścia przez pieszego w przypadku, gdy pojazdy zatrzymały się w celu przepuszczenia pieszych. Zanotowano tylko jeden taki przypadek, w związku z czym zaniechano dalszych badań w tym kierunku.

### Wykorzystanie zatrzymania się pojazdu przepuszczającego innych pieszych, w celu przejścia przez przejście

Podczas przeprowadzonych badań sprawdzono ilu pieszych wykorzystało zatrzymanie się pojazdu przepuszczającego innych pieszych, w celu przejścia przez przejście. Charakterystyka ta pozwoli na bardziej dokładną interpretację ustępowania pierwszeństwa pieszemu przez kierujących pojazdami.

W trakcie badanej godziny zanotowano 14 przypadków, gdy pieszy skorzystał na zatrzymaniu pojazdu. W porównaniu do wszystkich 59 zatrzymań pojazdów podczas przejścia pieszych jest to 23,7% wszystkich zanotowanych zatrzymań pojazdów.

W tabeli 17 zaprezentowano wszystkie kombinacje kierunków, z których pojazdy się zatrzymały, w przypadku pieszych, którzy wykorzystali zatrzymanie do przejścia przez jezdnię.

Tabela 17. Wykorzystanie zatrzymania się pojazdu przepuszczającego innych pieszych w celu przejścia przez przejście

Zatrzymanie z kierunku A	Zatrzymanie z kierunku B	Liczba pieszych
1	Brak danych	1
1	0	5
1	1	8

### Barwa i odcień pieszego

Ostatnim badanym parametrem była barwa i odcień pieszego. Zdecydowano się na badanie tego parametru w celu określenia możliwego wpływu ubioru pieszego na widoczność dla kierowcy. Ze względu na bardzo dużą pracochłonność badań i przeprowadzenie testowego pomiaru podczas dnia, zdecydowano się zrezygnować z pogłębionej analizy i przedstawić jedynie podstawowe dane dotyczące badanych parametrów.

W tabelach 18–20 przedstawiono wyniki pomiarów, grupując pieszych zarówno pod względem barwy, odcienia, jak i barwy i odcienia łącznie.

W 67,2% przypadków piesi ubrani byli w ciemne ubrania, co może spowodować gorszą widoczność pieszego przez kierującego pojazdem, głównie po zmierzchu.

Tabela 18. Barwa ubioru pieszego

Barwa	Liczba pieszych
Czarny	29
Biały	7
Szary	22
Żółty	7
Niebieski	35
Zielony	5
Czerwony	5

Tabela 19. Odcień ubioru pieszego

Odcień	Liczba pieszych
Jasny	36
Ciemny	74

Tabela 20. Barwa i odcień ubioru pieszego

Barwa	Odcień	Liczba pieszych
Czarny	Ciemny	29
Biały	Jasny	7
Szary	Ciemny	12
Szary	Jasny	10
Żółty	Ciemny	2
Żółty	Jasny	5
Niebieski	Ciemny	21
Niebieski	Jasny	14
Zielony	Ciemny	5
Czerwony	Ciemny	5

## Podsumowanie

Zwiększenie bezpieczeństwa pieszych na przejściach jest jednym z priorytetów programów realizowanych w ramach poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Duża liczba wypadków z udziałem pieszych powoduje konieczność analiz ruchu pieszego na przejściach dla pieszych i wyciągnięcia z nich odpowiednich wniosków. Jest to olbrzymie wyzwanie z powodu ilości danych, jakie należy zebrać i przeanalizować.

Z pomocą przychodzą tu najnowsze osiągnięcia w dziedzinie technik informacyjnych oraz automatyzacji zbiera-

nia danych, w tym technik wideodetekcji. Zebrane dane w dalszej kolejności muszą zostać przeanalizowane pod względem poprawności, wyboru odpowiednich narzędzi do analizy i w końcu znalezienia zależności pomiędzy nimi.

Zastosowano zarówno metody obliczeniowe, programistyczne, jak i opisowe. Użyte narzędzia były bardzo pomocne zarówno przy zbieraniu danych, automatyzacji obliczeń, jak i prezentacji danych. Z danych zaprezentowanych w przejrzysty sposób dużo łatwiej było wyciągać wnioski dotyczące analiz. Bardzo duża ilość danych związana z dokumentami XML, dzięki wykorzystaniu relacyjnych baz danych, przetwarzana była błyskawicznie, co znacznie ułatwiało pracę polegającą na weryfikacji poprawności danych automatycznych. Wykorzystanie arkuszy kalkulacyjnych do analizy przetworzonych danych pozwoliło na prezentację danych w sposób zrozumiały oraz umożliwiło zbadanie zależności pomiędzy nimi.

## Bibliografia

- [1] Olszewski P., Szagała P., Wolański M., Zielińska A.: *Analiza czynników wpływających na zagrożenie pieszych na przejściach przez jezdnie*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport 2013. Tom 96, str. 333–346
- [2] Komisja Europejska. Annual Accident Report 2020. European Road Safety Observatory. Dostępne online: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/default/files/facts\\_figures\\_pedestrians\\_final\\_20210323.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/default/files/facts_figures_pedestrians_final_20210323.pdf) (dostęp 15 lipca 2021).
- [3] Szagała, P.; Olszewski, P.; Czajewski, W.; Dąbkowski, P. *Active Signage of Pedestrian Crossings as a Tool in Road Safety Management*. Sustainability 2021, 13, 9405. <https://doi.org/10.3390/su13169405>
- [4] Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013–2020. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa 2013.
- [5] Olszewski P., Czajewski W., Dąbkowski P., Szagała P.: *Badanie zachowań uczestników ruchu na przejściach dla pieszych na podstawie analizy obrazu*. Budownictwo i Architektura 01/2014; 13(4), s. 177–184.
- [6] Olszewski P., Buttler I., Czajewski W., Dąbkowski P., Kraśkiewicz C., Szagała P., Zielińska A.: *Pedestrian Safety Assessment with Video Analysis*. Proceedings of 6th Transport Research Arena, Kwiecień 18–21, 2016, Warszawa
- [7] Olszewski P., Czajewski W., Dąbkowski P., Szagała P., Zielińska A.: *Mobis zadba o bezpieczeństwo pieszych na przejściach*. Bezpieczeństwo publiczne, listopad–grudzień 2014.
- [8] Szagała P., Olszewski P., Czajewski W., Dąbkowski P.: *Ocena bezpieczeństwa na przejściach dla pieszych przy pomocy analizy obrazu wideo*. Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture, t. XXXIII, z. 63 (1/II/16), styczeń–marzec 2016, s. 331–341
- [9] Muthusamy Anantha Kumar, *Upload multiple XML files to an XML data type column*: <https://www.databasejournal.com/features/mssql/article.php/3675356/Upload-multiple-XML-files-to-an-XML-data-type-column.htm> odwiedzane: marzec 2017 r.
- [10] [http://demografia.stat.gov.pl/bazademografia/Downloader.aspx?file=pl\\_lud\\_2017\\_00\\_01\\_k2.zip&sys=lud](http://demografia.stat.gov.pl/bazademografia/Downloader.aspx?file=pl_lud_2017_00_01_k2.zip&sys=lud), odwiedzane: listopad 2017 r.
- [11] Komenda Główna Policji Biuro Ruchu Drogowego: *Wypadki drogowe w Polsce w 2016 roku*. Warszawa 2017.