

Paweł Duchniak, Marek Gola

Nowe możliwości wykorzystania do analizy zdarzeń drogowych informacji ze zdjęć satelitarnych i zapisów kamer

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2018.358

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule omówiony został nowy sposób wykorzystywania nowych informacji użytecznych w analizie zdarzeń drogowych pochodzących ze zdjęć satelitarnych i z zapisów video z kamer zainstalowanych w pojazdach lub na obiektach znajdujących się w pobliżu miejsca zdarzenia.

Słowa kluczowe: rekonstrukcja zdarzenia drogowego, zdjęcie satelitarne, zapis z kamery.

Wstęp

Rekonstrukcja zdarzenia drogowego (kolizji lub wypadku) wymaga wykorzystania informacji zgromadzonych w dokumentacji zdarzenia obejmujących:

- podane przez uczestników i świadków ogólne okoliczności zdarzenia
- udokumentowane w wyniku oględzin miejsca zdarzenia ślady zlokalizowane na miejscu zdarzenia (ślady hamowania lub zrzucania, położenia powypadkowe pojazdów a w przypadku potrąceń również pieszych lub kierujących pojazdami jednośladowymi, ślady rycia lub żłobienia na nawierzchni jezdni, ślady płynów eksploatacyjnych, rozrzut odłamków uszkodzonych pojazdów i inne)
- obraz uszkodzeń pojazdów i wyniki badań sprawności pojazdów
- obrażenia ofiar wypadku

Ilość informacji dostępnych do wykorzystania w analizie zdarzenia bywa różna i nie zawsze jest wystarczająca do jednoznacznego odtworzenia przebiegu zdarzenia a zatem do oceny stopnia przyczynienia się poszczególnych uczestników do zaistnienia kolizji lub wypadku.

Istotnym ograniczeniem utrudniającym analizę jest zazwyczaj nieobecność śladów z faz zdarzenia poprzedzającej zderzenie lub potrącenie a więc z faz obejmujących powstanie stanu zagrożenia i reakcji kierowcy.

Postęp technologii w ostatnich latach umożliwił poszerzenie zakresu informacji użytecznych w analizie o nowe informacje, co związane jest z dostępnością zdjęć satelitarnych dowolnego miejsca na terytorium Polski a także z coraz częściej dokonywaną rejestracją przebiegu jazdy za pomocą kamer umieszczonych w pojazdach a także kamer monitoringu umieszczonych na obiektach zlokalizowanych obok miejsca zdarzenia.

1. Wykorzystanie zdjęć satelitarnych

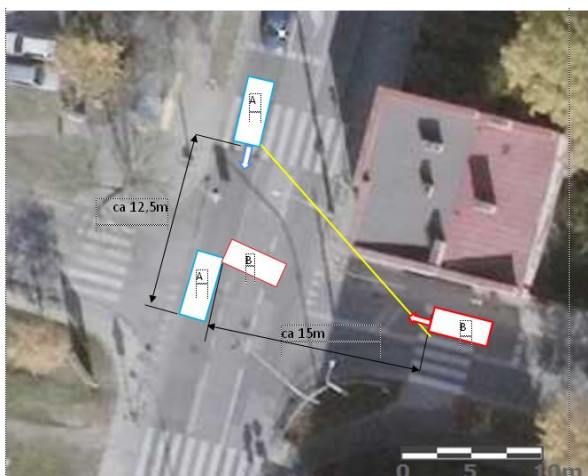
Dysponując zdjęciem satelitarnym miejsca zdarzenia można sporządzić rysunek sytuacyjny obrazujący przebieg zdarzenia wrysowując w kontur zdjęcia przy zachowaniu prawidłowej skali na przykład położenia pojazdów w chwili powstania stanu zagrożenia,

w chwili zderzenia i po wypadku, co pozwala na ustalenie odpowiednich odcinków drogi przebytych przez te pojazdy w poszczególnych fazach zdarzenia na podstawie pomiarów odległości na rysunku i uwzględnieniu skali rysunku. Ustalone odległości mogą być przydatne w analizie czasowo-przestrzennej zdarzenia, jeśli inne elementy dokumentacji powypadkowej pozwalają na wykonanie obliczeń np. prędkości pojazdu w poszczególnych fazach zdarzenia. Informacje uzyskane ze zdjęć satelitarnych mogą być również wykorzystane do wprowadzania założeń do komputerowych programów symulacji wypadków takich jak np.: „V-sim” w celu przeprowadzenia komputerowej rekonstrukcji przebiegu wypadku. Innym wykorzystaniem może być próba oceny widoczności poszczególnych uczestników zdarzenia w sytuacji gdy obiekty przyrodne mogą te widoczność ograniczać.

Przykładowo na rys.1 przedstawiono szkic sytuacyjny dotyczący zderzenia dwóch pojazdów na skrzyżowaniu, na którym kierujący samochodem „A” (niebieski kontur) poruszał się drogą z pierwszeństwem przejazdu a kierujący pojazdem „B” (czerwony kontur) wyjechał z drogi podporządkowanej. Na podstawie deklarowanych torów jazdy i wynikającego z oględzin obrazu uszkodzeń obu pojazdów ustalono, że położenia pojazdów w chwili zderzenia były takie, jak przedstawiono to na rysunku. Na bazie dostępnych materiałów ustalono również, że kierujący samochodem „A” poruszał się z prędkością $v_A = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$ a kierujący samochodem „B” z prędkością $v_B = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$. Niezależnie od tego, że do zdarzenia przyczynił się kierujący samochodem „B” przez to, że nie udzielił pierwszeństwa przejazdu przysługującego kierującemu pojazdem „A” powstało pytanie, czy kierujący samochodem „A” mógł uniknąć zderzenia podejmując awaryjne hamowanie w związku z nieprawidłowym zachowaniem kierującego samochodem „B”. Odpowiedź na to pytanie była możliwa po wykorzystaniu informacji z rys.1. Zaznaczono na nim oprócz położenia pojazdów w chwili zderzenia ustalone na drodze rachunku położenia w chwili, gdy zaistniała możliwość zauważenia przez kierującego samochodem „A” wyjeżdżającego z lewej strony samochodu „B” przesłoniętego do pewnej chwili przez budynek znajdujący się na rogu skrzyżowania. Jak wynika z pomiarów poczynionych na rysunku w chwili, gdy dla kierującego samochodem „A” powstała możliwość zauważenia wyjeżdżającego na skrzyżowanie z lewej strony z drogi podporządkowanej pojazdu „B”, samochód „A” znajdował się w odległości $s_A = 12,5 \text{ m}$ od miejsca w którym doszło do zderzenia a samochód „B” w odległości $s_B = 15 \text{ m}$. Odpowiada to odcinkowi czasu w jakim oba pojazdy przemieściły się do położenia w chwili kolizji wynoszącemu:

$$t_z = s_A/v_A = s_B/v_B = 12,5/13,9 = 15/16,7 = 0,9 \text{ s}$$

Wyliczony czas jest porównywalny ze średniostatystycznym czasem reakcji kierowcy a to oznacza, że kierujący samochodem „A” dysponował zbyt krótkim czasem na zrealizowanie skutecznego manewru obronnego dla uniknięcia zderzenia.



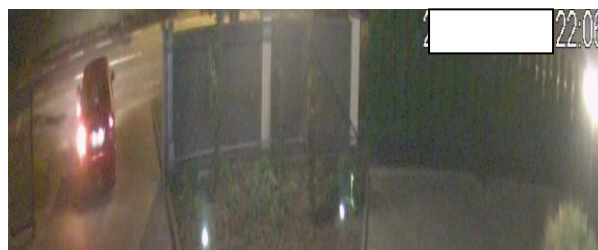
Rys.1. Zdjęcie satelitarne skrzyżowania na którym doszło do zderzenia z wrysowanymi obrysami obu pojazdów z zachowaniem skali w chwili zderzenia i w chwili powstania możliwości zauważenia przez kierującego samochodem „A” wyjeżdżającego z lewej strony samochodu „B”; linią żółtą zaznaczono linię widoczności samochodu „B” wjeżdżającego na skrzyżowanie z pozycji kierującego samochodem „A”.

2. Wykorzystanie zapisów z kamer

Bardzo pomocnym narzędziem w rekonstrukcji mogą się okazać zapisy z kamer bądź to z pojazdów uczestniczących w zdarzeniu bądź to z pojazdów znajdujących się bezpośrednio za pojazdem uczestniczącym w zdarzeniu. W przypadku jeśli takowe zapisy z kamer w pojazdach nie są dostępne pozostaje jeszcze możliwość wykorzystania zapisów z kamer monitoringu zainstalowanych na obiektach znajdujących się w pobliżu miejsca zdarzenia. Niejednokrotnie takie zapisy pozwalają wprost na ocenę zaistniałych naruszeń przepisów ruchu drogowego na przykład zapis może dokumentować wjazd pojazdu na skrzyżowanie lub na przejście dla pieszych przy zapalonym czerwonym świetle na sygnalizatorze lub może ilustrować wykonanie manewru wyprzedzania w miejscu niedozwolonym, omijanie pojazdu zatrzymującego się przed przejściem dla pieszych, zajeżdżanie drogi, wymuszenie pierwszeństwa przejazdu, itd. Jednak nawet wtedy, gdy zapis nie pozwala na natychmiastową ocenę zaistniałego zdarzenia nie budzącego wątpliwości, co do rodzaju naruszenia przepisów ruchu drogowego może się okazać bardzo pomocny w analizie zdarzenia a w szczególności w analizie czasowo-przestrzennej o ile tylko jest on skoordynowany z zapisem czasu i znane są parametry rozdzielczości zapisu (ilość rejestrowanych klatek w jednostce czasu). Poniżej przedstawiono przykłady wykorzystania zapisu z kamery monitoringu i z kamery umieszczonej w pojeździe do wspomnienia analizy dwóch zaistniałych zdarzeń drogowych.

Pierwsze zdarzenie dotyczyło zderzenia w warunkach nocnych samochodu osobowego włączającego się do ruchu przy wyjeździe z posesji ze skrzętem w lewo z poruszającym się drogą główną innym pojazdem. Zlokalizowane podczas policyjnych oględzin dowody materialne pozwoliły na ustalenie miejsca zderzenia, wzajemnego ustawienia pojazdów w chwili zderzenia i powypadkowych przemieszczeń obu pojazdów a na ich podstawie na obliczenie prędkości tych pojazdów w chwili zderzenia. Dla pełnej analizy potrzebne było jeszcze ustalenie jak długo trwał odcinek czasu od chwili przekroczenia krawędzi jezdni przez kierującego pojazdem włączającym się do ruchu do chwili zderzenia, był to bowiem czas jakim dysponował kierujący drugim pojazdem na podjęcie manewru obronnego w celu uniknięcia wypadku. Niestety na bazie tradycyjnych dowodów dotyczących głównie śladów zlokalizowanych na drodze nie było możliwości ustalenia tego parametru, bo ze wzglę-

du na brak informacji, co do sposobu włączania się do ruchu (mniej lub bardziej intensywne przyspieszanie, rozpoczęcie włączania się do ruchu po zatrzymaniu lub ze startu lotnego) sama tylko znajomość prędkości w chwili zderzenia, która ustalono na bazie innych dowodów materialnych była niewystarczająca. W tej sytuacji pomocny okazał się zapis z kamery monitoringu na obiekcie znajdującym się obok miejsca zdarzenia, która rejestrowała widok na drogę wyjazdową z posesji.



Rys.2. „stop klatka” z zapisu monitoringu w chwili rozpoczęcia włączania się do ruchu; tył już za bramą wjazdową, przód tuż przed krawędzią jezdni drogi głównej; czas zapisu 4:22:06



Rys.3. stop klatka” z zapisu monitoringu w chwili zderzenia; czas zapisu 4:22:09

Z całego zapisu dla potrzeb rekonstrukcji wypadku przeanalizowano ten okres zapisu, w którym kamera zarejestrowała wjazd przedmiotowego samochodu na drogę główną zakończony zderzeniem z samochodem poruszającym się drogą główną z lewej strony. Znacząc parametry zapisu (ilość klatek na 1 s zapisu) i dokonując odczytu „klatka po klatce” ustalono, że od chwili gdy przód pojazdu włączającego się do ruchu przekroczył krawędź jezdni do chwili zderzenia licznik czasu zapisał upływ czasu obejmujący okres około 3 s a zapis objął kolejne $n=62$ klatek, co przy prędkości zapisu wynoszącej w tym wypadku 20 klatek/s odpowiadało odcinkowi czasu wynoszącemu:

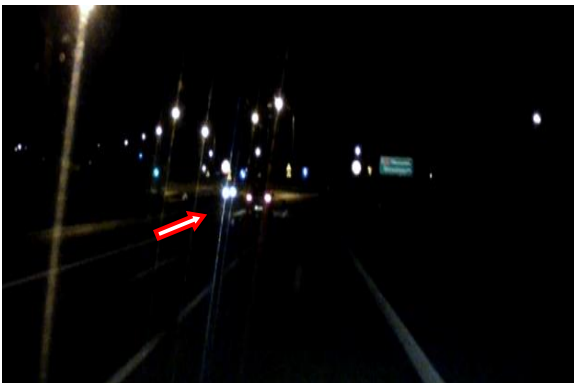
$$\Delta t = n/20 = 62/20 = 3,1 \text{ s}$$

Tak ustalony czas przy obliczonej wcześniej prędkości pojazdu nadjeżdżającego drogą główną stał się podstawą do określenia jego pozycji w chwili powstania stanu zagrożenia, jakim było rozpoczęcie wjazdu na drogę główną pojazdu włączającego się do ruchu przy wyjeździe z posesji. Pozwolilo to dalej na ocenę zachowania kierującego tym pojazdem w aspekcie poprawności podjętych przez niego manewrów obronnych i możliwości uniknięcia wypadku przy zachowaniu prędkości dopuszczalnej.

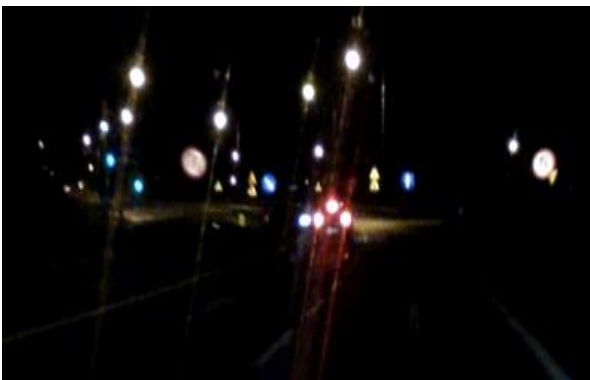
Drugie zdarzenie dotyczyło wypadku, w którym również w warunkach nocnych doszło do zderzenia na skrzyżowaniu samochodu osobowego jadącego na wprost z jadącym z przeciwka i skręcającym w lewo drugim samochodem osobowym. Tym razem w analizie pomocny okazał się zapis z kamery w pojeździe, który w chwili wypadku znajdował się za miejscem zdarzenia ale znajdująca się w nim kamera zarejestrowała przebieg wypadku zaistniałego w polu widzenia kamery. Z zapisu udało się ustalić czas przejazdu przez samochód uczestniczący w zderzeniu odcinka drogi bezpośrednio przed miejscem zderzenia o długości określonej z wykorzystaniem zdjęcia satelitarnego, co pozwoliło na obliczenie średniej prędkości przejazdu tego odcinka. Drugim elementem analizy zrealizowanym

w oparciu o zapis z kamery było określenie czasu trwania stanu zagrożenia dla kierującego samochodem jadącym na wprost wynikającym z rozpoczęcia realizacji skrętu w lewo przez samochód jadący z przeciwnika a również czasu reakcji kierowcy na powstały stan zagrożenia.

W tym celu „przewijając” w zwolnionym tempie ten fragment zapisu, który dotyczył fazy bezpośrednio przed zderzeniem wytypowano kadr, na którym można wyraźnie zauważyć, że samochód jadący z przeciwnika rozpoczyna skręt w lewo a tym samym stwarza stan zagrożenia (rys.4). Przeglądając od tego kadru zapis z kamery klatka po klatce ustalono, że od chwili dającej się rozpoznać jako wynikający ze skrętu ruch samochodu jadącego z przeciwnika w kierunku pasa po którym poruszał się samochód jadący na wprost, do chwili zapalenia się świateł „stop” w samochodzie jadącym na wprost oznaczającej chwilę rozpoczęcia manewru hamowania (rys.5) zapis obejmował kolejnych 18 klatek, co przy częstotliwości z jakim był realizowany zapis wynoszącej 30 klatek/s odpowiada odcinkowi czasu $t_r=18/30=0,6$ s. Oznacza to, że kierowca samochodu jadącego na wprost rozpoznając stan zagrożenia nacisnął na pedał hamulca po upływie czasu reakcji wynoszącym $t_r=0,6$ s. Można zatem ocenić, że niezależnie od prędkości z jaką się poruszał po zauważeniu stanu zagrożenia zachował się prawidłowo podejmując niezwłocznie awaryjne hamowanie. To ustalenie było pomocne w całościowej ocenie zachowania tego kierowcy obejmującej również ustalenie prędkości z jaką się poruszał i wybór manewru obronnego, z której to oceny wynikał wniosek, że nie był on w stanie uniknąć zaistnienia wypadku a całkowitą winę za wypadek ponosił kierowca pojazdu jadącego z przeciwnego kierunku, który skręcając w lewo nie udzielił pierwszeństwa kierowcy jadącemu na wprost.



Rys.4. „stop klatka” z zapisu kamery w chwili, gdy samochód jadący na wprost lewym pasem zbliża się jeszcze bez hamowania do skrzyżowania zaś jadący z przeciwnego kierunku samochód (obiekt zaznaczony strzałką) rozpoczyna skręt w lewo zamierzając przeciąć tor ruchu samochodu jadącego na wprost; czas zapisu 2:43:45



Rys.5. „stop klatka” z zapisu video w chwili, gdy w samochodzie jadącym na wprost zapalają się światła „stop”; czas zapisu 2:43:46

Podsumowanie

W przypadku dokonywania rekonstrukcji zdarzeń drogowych coraz częściej dla potrzeb rekonstrukcji obok innych narzędzi mogą być wykorzystywane zdjęcia satelitarne miejsca zdarzenia i zapisy z kamer obrazujące przebieg zdarzenia. Mogą to być zapisy z kamer umieszczonych w pojazdach uczestniczących w zdarzeniu lub poruszających się za pojazdami uczestniczącymi w zdarzeniu ale czasami mogą być również przydatne zapisy z kamer monitoringu umieszczone na obiektach i rejestrujące sytuacje przylegającej do takich obiektów. Informacje jakie można z tych materiałów wykorzystać pozwalają na ustalenie niektórych parametrów analizy czasowo-przestrzennej takich jak: wzajemna widoczność obiektów na drodze, czas trwania stanu zagrożenia lub rzeczywisty czas reakcji kierowcy trudnych do określenia ze względu na brak dokumentacji w postaci śladów na drodze dotyczących tych okoliczności i faz zdarzenia. W takich przypadku posiłkowanie się zdjęciami satelitarными i zapisem z kamer, jak pokazano w artykule, pozwala na dość precyzyjne ustalenie tych parametrów, co umożliwia całościową ocenę zdarzenia w kontekście oceny zachowania kierujących pojazdami nie tylko w odniesieniu do prędkości z jaką się poruszali.

Można z dużą dozą prawdopodobieństwa przyjąć, że w dalszej przyszłości zapis przebiegu jazdy pojazdów nie będzie się ograniczał tylko do zapisu obrazu i skoordynowanego z nim zapisu czasu ale zostanie rozszerzony o zapis parametrów ruchu takich jak chwilowa prędkość, chwilowe przyspieszenie lub opóźnienie ruchu czy nawet odległość od poprzedzającego pojazdu, co jeszcze bardziej ułatwi dokonywanie analiz a przede wszystkim ograniczy możliwość popełniania błędów wynikających z niedostatku informacji dotyczących analizowanego zdarzenia. Takie „czarne skrzynki” instalowane w pojazdach staną się precyzyjnym i kompletnym źródłem informacji niezbędnych do analizy kolizji i wypadków jeśli już do nich dojdzie.

Bibliografia:

1. Praca zbiorowa; Wypadki drogowe. Vademecum biegłego sądowego Wyd. II. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych. Kraków 2006.

New possibilities of using information from satellite photos and camera records to analyze traffic events.

In the analysis of road accidents (collisions and accidents), the reconstructions are based on various information gathered in the process of preparing the proper documentation. So far, this information included: circumstances given in the explanations or testimonies of participants and witnesses of the incident, material evidence located in place of the incident, injuries of the victims taking part, the image of the vehicles 'damage. Currently, due to development of a new technology, new information is available, such as: satellite images of the event, as well as video recording from cameras placed inside vehicles or other cameras located on the objects next to the scene of the incident (e.x.: monitoring). The article describes few examples how the usage of new technology and information obtained influences the analysis of road accidents, e.g. determining the duration of "state of threat" or the actual reaction time of the driver.

Keywords: analysis of road accidents driving ability, satellite images of the event, video recording from cameras.

Autorzy:

dr inż. **Marek Gola** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Radom, gola_marek@wp.pl

mgr inż. **Paweł Duchniak** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Radom.