

REKONSTRUKCJA ZDARZEŃ DROGOWYCH

z wykorzystaniem monitoringu obiektów i dróg

dr inż. Robert Janczur

adiunkt dydaktyczny
Instytutu Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych
Politechniki Krakowskiej

asp. szt. Jolanta Zawałań

młodszy wykładowca
Zakładu Szkoleń Specjalnych CSP

Nagrania z monitoringu obiektów i dróg coraz częściej stają się jednym z dowodów w sprawach zdarzeń drogowych. Szczególnie duże znaczenie nagrania te mają w sprawach trudnych, w których materiał osobowy jest niespójny i wprowadza wzajemnie wykluczające się wersje zdarzenia lub nie precyzuje okoliczności istotnych z punktu widzenia faktycznej sytuacji prowadzącej do zaistnienia wypadku lub kolizji. Wykorzystanie takiego nagrania z monitoringu w zakresie ustalenia torów i prędkości ruchu uczestników zdarzenia wymaga znajomości parametrów nagrania i właściwego, jak najbardziej precyzyjnego, odtworzenia pozycji uczestników zarejestrowanych na poszczególnych klatkach filmu. Prawidłowe określenie torów i prędkości ruchu uczestników zdarzenia w poszczególnych jego fazach na podstawie nagrań z monitoringu pozwala na precyzyjniejszą rekonstrukcję i analizę przebiegu zdarzenia w odniesieniu do metod „tradycyjnych”, opartych czasami na nielicznych śladach kryminalistycznych ujawnianych na drodze. W niniejszym opracowaniu zwrócono uwagę na kilka aspektów analizy takich nagrań z monitoringu obiektów i dróg.

WSTĘP

Na miejscu zdarzenia drogowego mogą powstać ślady tra-seologiczne, mechanoskopijne, mikroślady, ślady biologiczne, ślady rozrzutu elementów i odłamków szkła z pojazdów, naniesienia i inne [6]. W pewnych warunkach atmosferycznych (np. opady deszczu lub śniegu) i przy obecnej technice i technologii wytwarzania pojazdów samochodowych niektóre ślady nie powstają lub są bardzo trudno identyfikowalne i nietrwałe. Rekonstrukcja zdarzeń drogowych wymaga więc pozyskiwania możliwie obszernego materiału rzeczowego, do którego zalicza się „ślady cyfrowe” z pojazdów, czyli zapa-

miętane przez sterowniki „stany awaryjne” lub parametry zadziałania systemów bezpieczeństwa czynnego (np. parametry ruchu pojazdu przekraczające wartości graniczne zapamiętane przez system ESP) i biernego (np. prędkość jazdy i prędkość obrotowa wału korbowego silnika w chwili zadziałania poduszek gazowych i odcięcia zasilania silnika zapamiętane w ramach „zamrożonych” sterowników SRS – *Supplemental Restraint System* i silnika) albo pamięć urządzeń pokładowych (rejestratorów) EDR (*Event Data Recorder*) oraz monitoring obiektów i dróg. Ze względu na fakt, iż w starszych pojazdach sterowniki nie są wyposażone w pamięć danych kolizyjnych („crash data”), odczyt pamięci sterowników pojazdów uczest-

REKONSTRUKCJA ZDARZEŃ DROGOWYCH Z WYKORZYSTANIEM MONITORINGU

niczących w wypadkach nie jest standardem podczas badań technicznych pojazdów przeprowadzanych przez biegłych i funkcjonariuszy laboratoriów kryminalistycznych (głównie ze względu na koszt urządzeń w porównaniu do kwot za opracowanie takich opinii, akceptowalnych przez organy procesowe), a EDR nie jest jeszcze obowiązkowy w Europie, monitoring obiektów i dróg jest ważnym i relatywnie łatwym do pozyskania dowodem.

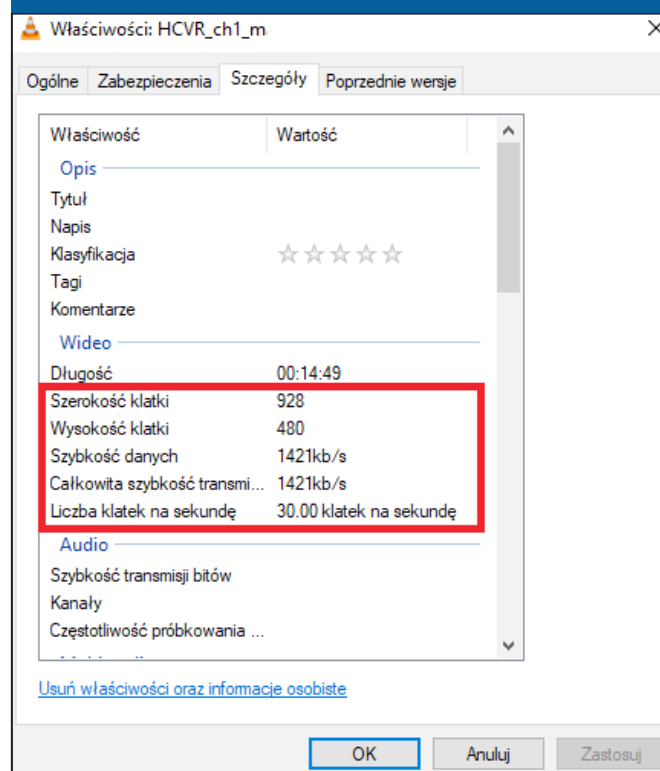
Coraz więcej obiektów znajdujących się przy drogach, takich jak na przykład sklepy, apteki, zakłady usługowe, restauracje i „puby”, warsztaty i komisje samochodowe, objętych jest monitoringiem. Monitorowane są także miasta oraz drogi i skrzyżowania w niektórych miejscowościach. Choć monitoring obiektów prywatnych ukierunkowany jest na ich wizyjne nadzorowanie, to bardzo często usytuowanie kamer sprawia, iż kadrem objęty jest także pewien odcinek drogi publicznej. Poszukiwanie kamer monitoringu obiektów znajdujących się w pobliżu miejsca zdarzenia drogowego przez funkcjonariuszy Policji wykonujących czynności na miejscu takiego zdarzenia jest już niemal standardem. Ze względu na pracę systemów monitoringu „w pętli” czasowe istotne jest jak najszybsze dotarcie do właściciela lub administratora takiego systemu i zabezpieczenie materiału filmowego przed jego nadpisaniem. Właściwe wykorzystanie materiału wideo, dokumentującego przebieg zdarzenia lub pewne jego fazy (jeżeli kamera nie obejmowała samego miejsca zdarzenia, ale pewien odcinek drogi przed lub za nim), wymaga wykorzystania dedykowanych programów oraz możliwie dokładnego pozycjonowania pojazdów i innych uczestników zdarzenia (np. osoby pieszej lub rowerzysty) na drodze na podstawie wybranych klatek z nagrania [2, 3, 4]. Jeżeli do nagrania wideo nie jest dołączony oryginalny program producenta systemu monitoringu, to odtwarzanie takiego nagrania w innym programie może powodować zmianę prędkości odtwarzania i sekunda „nadrukowywana” na kadrze filmu nie będzie odpowiadała sekundzie rzeczywistej. Niektóre systemy monitoringu mogą zmieniać częstotliwość zapisu obrazu w zależności od detekcji ruchu. Stąd szczegółowa analiza nagrania wideo zmierzająca do możliwie dokładnego określenia czasu pomiędzy poszczególnymi klatkami oraz wieloaspektowa interpretacja nagrania w zakresie usytuowania uczestnika ruchu widocznego na danej klatce wymagają każdorazowo zapoznania się z materiałem wideo i podjęcia dodatkowych czynności mających na celu ustalenie położenia kamery i punktów odniesienia w terenie, względem których odtwarzane będą pozycje uczestnika ruchu. Podobne zasady analizy i interpretacji zapisów wideo dotyczą rejestratorów umieszczanych w pojazdach. Jeżeli w rejestrowanym obrazie znajdują się odpowiednio widoczne i identyfikowalne w terenie punkty lub elementy odniesienia (słupy oświetlenia ulicznego), barierki zabezpieczające, oznakowanie poziome jezdni w postaci linii przerywanej), to można wykorzystać takie nagranie do ustalenia prędkości jazdy pojazdu, w którym znajdował się taki rejestrator. W niniejszym opracowaniu skupiono się na zagadnieniach związanych z analizą nagrań z monitoringu obiektów stałych.

ANALIZA NAGRANIA MONITORINGU

Ustalanie prędkości poruszania się uczestników zdarzenia na podstawie nagrania wideo powinno być poprzedzone pozyskaniem informacji na temat samego zapisu obrazu. Niektóre

systemy monitoringu zapisują obraz w formacie, który nie może być wprost odtwarzany na komputerach PC, i który wymaga przetworzenia i wyeksportowania do standardowego formatu (np. avi, mp4 i in.). Taki zabieg cyfrowy może spowodować zmianę częstotliwości zapisu i wyeliminowanie niektórych klatek „identycznych”. Jeżeli wraz z nagraniem nie jest dostarczony dedykowany, oryginalny program do odtwarzania, to sekunda nagrania według czasu „nadrukowywanego” w kadrze może nie odpowiadać sekundzie rzeczywistej lub w poszczególnych sekundach nagrania, według czasu widocznego w kadrze, liczba klatek może być różna. Niektóre ogólnodostępne programy do odtwarzania wideo mogą też wskazywać na inną liczbę klatek we właściwościach pliku niż faktyczna i mogą określać rozdzielczość filmu jako inną (zazwyczaj mniejszą) niż ta wynikająca ze specyfikacji kamery i systemu. Stąd w przypadkach wątpliwych biegli z zakresu rekonstrukcji wypadków drogowych, nie dysponując odpowiednimi „narzędziami”, powinni skorzystać z wcześniej przygotowanej opinii przez biegłego informatyka specjalizującego się w analizie zapisów monitoringu, a więc opinii określającej parametry nagrania (częstotliwość zapisu wideo) i najczęściej zawierającej płytę CD lub DVD z przygotowanymi klatkami. Poniżej, na rys. 1, przedstawiono dane wynikające z właściwości pliku w systemie Windows i faktyczne parametry obrazu ustalone przez biegłego informatyka.

Rys. 1. Parametry nagrania wynikające z właściwości pliku oraz faktyczne określone przez biegłego informatyka.



Kodek:	H264-MPEG-4 AVC (part10) (H264)
Typ:	Obraz
Rozdzielczość obrazu	1920x1080
Wymiar bufora:	1920x1088
Liczba klatek na sekundę:	24

Źródło: Materiały własne autorów artykułu.

Aktualnie, niemal w każdym systemie monitoringu, na filmie zapisywany jest znacznik czasu. Nawet w przypadku dołączenia do dowodowego nagrania dedykowanego programu do jego odtwarzania, zasadne jest sprawdzenie liczby klatek przypadających na te sekundy nagrania, z których wyznaczana będzie prędkość uczestników zdarzenia. W przypadku zarejestrowania ruchu samochodu na krótkim odcinku przez kamerę usytuowaną skośnie do drogi, błędne określenie czasu pomiędzy pozycjami samochodu może prowadzić do niemiernodajnego wyznaczenia prędkości.

METODY USTALANIA POZYCJI UCZESTNIKÓW ZDARZENIA NA PODSTAWIE NAGRANIA Z MONITORINGU

Obliczenie prędkości uczestnika ruchu na podstawie nagrania z monitoringu wymaga odtworzenia jego pozycji zarejestrowanej na kilku wybranych klatkach z nagrania. W tym celu stosowane są w zasadzie trzy metody:

- **obserwacja na ekranie monitora współpracującego z kamerą monitoringu pozycji samochodu ustawianego na drodze** tak, aby była ona jak najbardziej zgodna z pozycją widoczną na wydruku danej klatki z dowodowego nagrania; taka metoda wymaga najczęściej zamknięcia ruchu na drodze, użycia samochodu analogicznego do uczestniczącego w zdarzeniu i jest czasochłonna, ale pozwala na bezpośredni, prosty pomiar odległości pomiędzy tymi pozycjami;
- **rysunkowe odtworzenie topografii drogi i usytuowania charakterystycznych punktów względem kamery monitoringu**, pozwalających na ustalenie pozycji pojazdów i innych uczestników ruchu; co prawda w tej metodzie pomocne są ortofotomapy, które można pozyskać ze strony „geoportal2” i z programu Google Earth, ale ponieważ nie wszystkie zdjęcia satelitarne są prawidłowo połączone ze sobą i zachowują faktyczne odległości pomiędzy elementami stanowiącymi punkty odniesienia, konieczne jest zweryfikowanie położenia tych punktów w terenie;
- **zbudowanie wirtualnego środowiska 3D w programie V-SIM lub Pc-Crash** i umieszczenie w nim kamery, aby poprzez odtwarzanie nagrania z monitoringu i odpowiedni dobór parametrów symulowanego ruchu pojazdów „zgrać” obrazy z monitoringu i obserwacji symulacji; ta metoda, szczególnie po wykorzystaniu skaningu 3D drogi i otoczenia, wydaje się najsilniej przemawiająca do wyobraźni, ale jest najbardziej czasochłonna i wymaga odpowiedniego zaplecza technicznego (jednego ze wspomnianych programów, ew. skanera 3D).

Tylko w pierwszej z wyżej wymienionych metod pomiar odległości pomiędzy pozycjami pojazdu lub innego uczestnika ruchu można zrealizować taśmą mierniczą lub kółkiem pomiarowym. W dwóch pozostałych zachodzi potrzeba ustalenia pozycji kamery i punktów odniesienia, z których część usytuowana może być w terenie i w znacznej odległości od drogi (jezdni lub chodnika). Z reguły kamery monitoringu umieszczone są na ścianach budynków dość wysoko lub na słupach. Spośród metod pomiarowych stosowanych w dokumentowaniu miejsc zdarzeń drogowych [1] najbardziej pomocny jest system eSURV, znajdujący się na wyposażeniu wielu jednostek Policji (fot. 1) i pozwalający na ustalenie pozycji kamery i punktów odniesienia w terenie w przestrzeni 3D. Według

danych systemu uzyskiwana niepewność położenia punktu to ± 3 mm w trybie bezlustrowym w zakresie do 100 m od stanowiska pomiarowego (abstrahując od błędu obsługi/celowania).

Fot. 1. System eSURV wykorzystywany w Policji do dokumentowania miejsc zdarzeń drogowych.



Zdj. Robert Karyś, archiwum CSP.

Poniżej (na fot. 2 i 3) przedstawiono przykładowe klatki z nagrań z monitoringu, na których widoczne są liczne elementy posesji (w tym słupki ogrodzenia) i słupy linii energetycznych, które mogą być wykorzystane do odtwarzania pozycji pojazdów. Na rys. 2 pokazano schemat z naniesionymi pozycjami pojazdu, ustalonymi w oparciu o nagranie z monitoringu i zweryfikowaną pomiarami topografią drogi.

Fot. 2. Przykładowa klatka z monitoringu obiektu znajdującego się przy drodze. Widoczne słupki ogrodzenia posesji i słupy linii energetycznej są dobrymi elementami odniesienia do ustalania pozycji pojazdów.



Źródło: Materiały własne autorów artykułu.

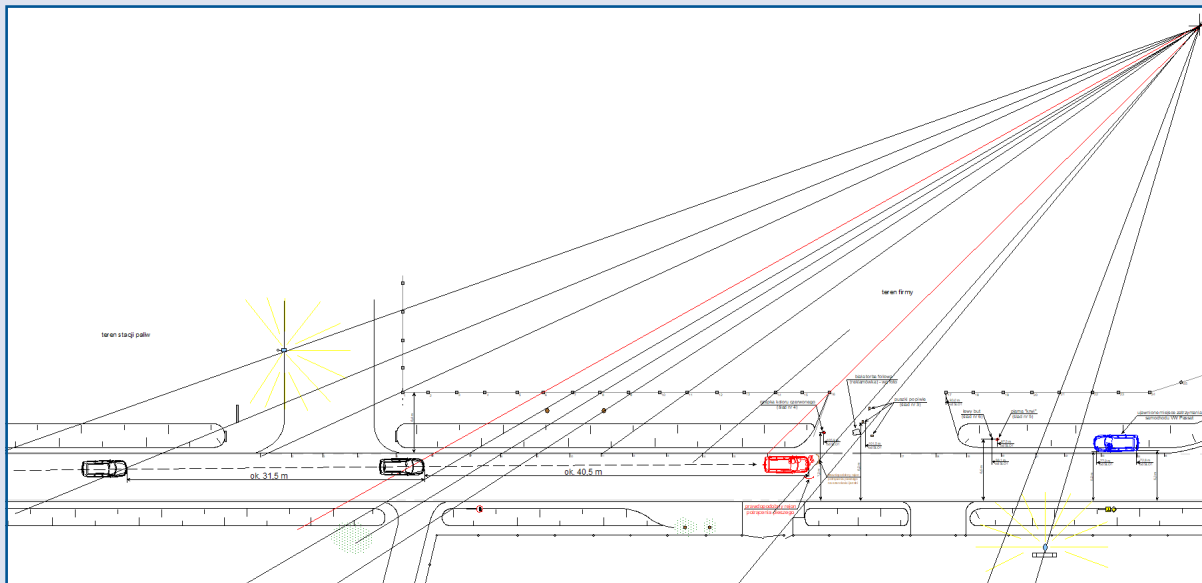
Fot. 3. Przykładowa klatka z monitoringu obiektu znajdującego się przy drodze. Widoczne słupki ogrodzenia posesji i lampy oświetlenia ulicznego są dobrymi elementami odniesienia do ustalania pozycji pojazdu.



Źródło: Materiały własne autorów artykułu.

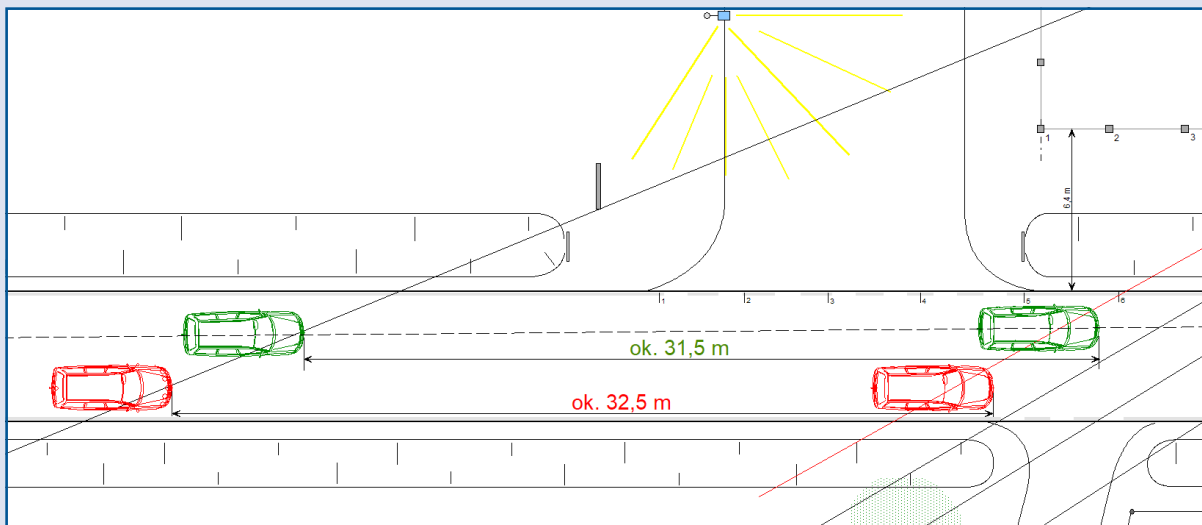
REKONSTRUKCJA ZDARZEŃ DROGOWYCH Z WYKORZYSTANIEM MONITORINGU

Rys. 2. Rysunek nawiązujący do drogi widocznej na klatce z monitoringu na fot. 3 z naniesionymi liniami odniesienia i przykładowymi pozycjami pojazdu.



Źródło: Materiały własne autorów artykułu.

Rys. 3. Wyznaczone odległości pomiędzy pozycjami samochodu poruszającego się w wariantowy sposób względem szerokości jezdni.



Źródło: Materiały własne autorów artykułu.

Przedstawione powyżej przykłady monitoringu okazały się o tyle łatwe do analizy, iż obejmowały znaczny odcinek drogi, a w kadrze kamer o relatywnie dużej rozdzielczości usytuowane były liczne elementy infrastruktury drogowej i posesji, pozwalające na odtwarzanie pozycji pojazdów w poszczególnych chwilach. Gdy kamera umieszczona jest niezbyt wysoko i w jej obrazie nie widać powierzchni jezdni oraz np. jej oznakowania poziomego, identyfikacja pozycji pojazdów na szerokości jezdni bardzo często jest możliwa w oparciu o ślady hamowania lub znoszenia kół albo inne, bezpośrednio związane ze zdarzeniem. W takich przypadkach analiza nagrania z monitoringu wymaga wcześniejszego, przynajmniej częściowego, zrekonstruowania zdarzenia.

USTALANIE PRĘDKOŚCI RUCHU UCZESTNIKÓW ZDARZENIA I NIEPEWNOŚĆ TYCH USTALEŃ

Trudność w analizie nagrań z monitoringu związana jest z określeniem poszczególnych pozycji pojazdów i innych uczestników ruchu, a także z ustaleniem wzajemnych odległości pomiędzy tymi pozycjami oraz określeniem czasu dzielącego te pozycje. Prędkość średnia na danym odcinku obliczana jest jako iloraz przebytej drogi i czasu. Gdy kadr kamery obejmuje znaczny odcinek drogi, na którym prędkość pojazdu można analizować w kilkunastometrowych przedziałach pokonywanego odcinka, istnieje możliwość identyfikacji zmiany

prędkości wynikającej z przyspieszania lub hamowania [3]. Badania wykonywane w zakresie niepewności wyników obliczeń prędkości pojazdów i możliwości identyfikacji hamowania wskazują na duży wpływ jakości (rozdzielczości) nagrania i możliwości odpowiednio dokładnej analizy obrazu metodą graficznego skalowania promieniowego lub analizy obrazu metodą 3D (trzecią z wcześniej wymienionych metod analizy). Choć ogólne zasady postępowania przy analizie nagrań monitoringów są podobne, to jednak ze względu na kąt usytuowania kamery względem drogi i możliwość identyfikacji elementów drogi i punktów odniesienia, każda analiza wymaga indywidualnego, szczegółowego podejścia.

We wcześniejszej części artykułu zasygnalizowano problem dokładności odczytu czasu pomiędzy klatkami nagrania (prawidłowej identyfikacji częstotliwości zapisu wideo) i określenia pozycji np. pojazdu. Na rys. 3 pokazano wariantowe tory ruchu pojazdu w obrębie jezdni. Zakładając taką samą dokładność ustawienia sylwetek pojazdów w obrębie lewego (sylwetki pojazdu w kolorze zielonym) i prawego pasa ruchu (sylwetki pojazdu w kolorze czerwonym), różnica w pokonanej odległości w tym samym czasie wynosi ok. 1,0 m.

Dla pokazania różnicy w obliczonych prędkościach przedmiotowego pojazdu założmy, że nagranie monitoringu zostało zrealizowane z prędkością 25 klatek na sekundę, co sprawia, że pomiędzy klatkami mija czas 0,04 s ($1/25 = 0,04$), a pokazane kolejne pozycje pojazdu dzielą 43 klatki nagrania, dając czas 1,72 s. Z pokonanych odcinków przez zaznaczone pojazdy wynika, że:

- pojazd „zielony” poruszał się z prędkością ok. $31,5/1,72 = 18,3$ m/s, to jest ok. 66 km/h,
- pojazd „czerwony” poruszał się z prędkością ok. $32,5/1,72 = 18,9$ m/s, to jest ok. 68 km/h.

Różnica w uzyskanych wynikach wydaje się niewielka, ale warto zwrócić uwagę, że ulegnie ona zwiększeniu w przypadku podobnej niedokładności ustalenia drogi przebytej przez pojazd pomiędzy pozycjami określonymi dla krótkiego czasu dzielącego te pozycje, np. 0,5 s. Gdyby dodatkowo uwzględnić, że faktyczna liczba klatek przypadających na 1 sekundę nagrania wynosiła 24 (co daje czas pomiędzy klatkami 0,0417 s), to czas 43 klatek wynosiłby ok. 1,792 s, a prędkość pojazdu „zielonego” ok. 17,6 m/s, to jest ok. 63 km/h i „czerwonego” ok. 18,1 m/s, czyli ok. 65 km/h.

Przedstawione krótko problemy są bardzo istotne z punktu widzenia rzetelnego wykorzystania monitoringu w sprawach zdarzeń drogowych.

PODSUMOWANIE

Prawidłowa analiza nagrań z monitoringu obiektów i dróg wymaga znajomości parametrów zapisu wideo, a ustalenie prędkości ruchu uczestników zdarzenia na podstawie takich nagrań – miarodajnego wyznaczenia pozycji tych uczestników zarejestrowanych na wybranych klatkach z nagrania. Odnalezienie elementów i punktów odniesienia w terenie, widocznych na nagraniu i dogodnych do analizy odległości pomiędzy pozycjami pojazdu lub pieszego, nie stanowi problemu, natomiast niezwykle trudne i czasochłonne jest dokonanie pomiarów położenia tych elementów i punktów w przestrzeni metodami tradycyjnymi, czyli za pomocą taśmy mierniczej lub kółka pomiarowego. Dalmierze laserowe są niezbyt wygodne i przydatne, szczególnie w pomiarach przy słonecznej pogodzie i obiektów znacznie oddalonych. Zdaniem autorów wykorzy-

stywany przez coraz więcej jednostek Policji system eSURV jest najlepszym narzędziem umożliwiającym określenie położenia kamery monitoringu i przynajmniej kilku elementów lub punktów odniesienia w terenie, już w trakcie czynności procesowych wykonywanych na miejscu zdarzenia drogowego. Takie dodatkowe pomiary nie powinny w istotny sposób wydłużyć wspomnianych czynności procesowych, a w znacznym stopniu ułatwić dalsze wykorzystanie nagrania z monitoringu, także w zakresie ich analizy przez biegłych sądowych.

Literatura

1. Bułka D., Curyło J., Wolak S., Śleziak M., Świder P., *Techniki obrazowania 2D/3D na miejscu wypadku drogowego*, „Paragraf na Drodze” – numer specjalny 2017 (materiały z XV Konferencji Naukowej Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”), Wydawnictwo IES, s. 23–48.
2. Kasanicky G., Vertal P., Kolla E., *Zachowanie się pieszych tuż przed potrąceniem – ocena na podstawie zapisów z kamer CCTV*, „Paragraf na Drodze” – numer specjalny 2019 (materiały z XVI Konferencji Naukowej Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”), Wydawnictwo IES, s. 35–48.
3. Krzemień P., Gruzewski R., Witkowski Z., *Wpływ kąta usytuowania optycznej osi kamery monitoringu względem jezdni na odczyt prędkości i opóźnienia hamowania pojazdu z zapisu wideo. Część 1*, „Paragraf na Drodze” – numer specjalny 2017 (materiały z XV Konferencji Naukowej Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”), Wydawnictwo IES, s. 167–178.
4. Wach W., *Zwiększenie dokładności czasowej klatek wideo przez interferencję częstotliwości różnych zapisów*, „Paragraf na Drodze” – numer specjalny 2017 (materiały z XV Konferencji Naukowej Instytutu Ekspertyz Sądowych w Krakowie „Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych”), Wydawnictwo IES, s. 297–309.
5. Wach W., *Wiarygodność strukturalna rekonstrukcji wypadków drogowych*, Wydawnictwo IES, Kraków 2014.
6. Zawała J., *Wybrane aspekty analizy śladów na miejscu zdarzenia drogowego i ich znaczenie w rekonstrukcji wypadku*, „Kwartalnik Policyjny” 2017, nr 1, s. 63–68.

Summary

Reconstruction of traffic incidents with the use of buildings and roads monitoring

Recordings from the monitoring of buildings and roads are increasingly becoming one of the evidence in the field of traffic incidents. These recordings are particularly important in difficult cases in which personal material is inconsistent and introduces mutually exclusive versions of the event or does not specify the circumstances relevant to the actual situation leading to the occurrence of an accident or collision. The use of such monitoring recording in determining the track and speed of movement of event participants requires knowledge of the recording parameters and the correct, as precise as possible reproduction of the position of participants registered on individual frames of the film. Correct determination of the track and speed of event participants in their individual phases on the basis of monitoring recordings allows for a more accurate reconstruction and analysis of the course of the event in relation to “traditional” methods, sometimes based on the few forensic traces revealed on the road. The paper highlights several aspects of analyzing such recordings from buildings and roads monitoring.

Tłumaczenie: Autorzy