

Agata Chmielewska, Paweł Pawłowski, Adam Dąbrowski
Pracownia Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygna-
łów,

Wydział Informatyki, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo
3a, 60-965 Poznań

e-mail: {agata.chmielewska, pawel.pawlowski,
adam.dabrowski}@put.poznan.pl

ZASTOSOWANIE METOD PRZETWARZANIA SEKWENCJI WIDEO DO WSPOMAGANIA MONITORINGU MIEJSKIEGO

Streszczenie – Praca przedstawia praktyczne zastosowania metod przetwarzania sekwencji wideo w automatycznym wykrywaniu sytuacji zagrożeń bezpieczeństwa za pomocą rozbudowanych systemów monitoringu i CCTV. Uwzględniono kilka najczęściej spotykanych sytuacji zagrożenia, w tym m.in. wejście osoby na przejście dla pieszych przy czerwonym świetle, jazdę samochodem w niewłaściwym kierunku na ulicy jednokierunkowej. Zrealizowano również wykrycie zagrożeń przez zbyt szybko poruszające się obiekty (pojazdy, osoby), wystąpienia dymu lub ognia, inteligentny monitoring przystanków komunikacji miejskiej z detekcją wtargnięcia osoby na tory lub jezdnię. Zaproponowane modele zdarzeń wykorzystano i przetestowano w algorytmach automatycznej detekcji zagrożeń z użyciem technik przetwarzania sekwencji wideo.

1 Informacje wstępne

Monitoring miejski i stosowany w nim system CCTV (ang. *closed circuit television*) jest w ciągłym rozwoju. Przez wprowadzanie systemów cyfrowych, kamer megapikselowych i nowoczesnych koderów obrazu zwiększana jest jakość przechwytywanego sygnału, a równocześnie są prowadzone prace w zakresie wyposażenia systemów w automatyczne monitorowanie zdarzeń. W nowoczesnych systemach CCTV występują moduły do wykrywania ruchu, które pozwalają na definiowanie obszarów detekcji ruchu. Znane są rozwiązania firmowe, które wykrywają nietypowe sytuacje, np. zbyt długi postój osoby przed wejściem do pojazdu na parking, co może sugerować próbę włamania [1]. Istnieją systemy rejestracji wideo, które są integrowane z systemami alarmowymi, kontrolą

dostępu, systemami fiskalnymi, a także pozwalają na zdalne połączenia z komputera i telefonu [2].

Autorzy pracy zaproponowali zestaw oryginalnych algorytmów wykrywających sytuacje zagrożenia bezpieczeństwa w obszarach zurbanizowanych, które mają na celu wspomaganie operatorów analizujących obrazy z monitoringu w czasie rzeczywistym. Wykryte zdarzenia są wyróżniane w sposób graficzny, co pomaga zwrócić uwagę operatora, skraca czas reakcji, a także pozwala uniknąć sytuacji przeoczenia sytuacji niebezpiecznych.

W pracy przedstawiono dokumentację modeli algorytmów oraz programów wykrywających stany zagrożenia, szczególnie w ruchu miejskim. Opisano także możliwości projektu w zakresie nowych rozwiązań, optymalizacji oraz metody określania parametrów tak, aby program mógł działać właściwie w trybie ciągłym, niezależnie od warunków oświetlenia (dzień/noc), jakości rejestracji, materiału wideo, wariantów zdarzeń i innych.

Praca dodatkowo zawiera algorytmy wyboru, rejestracji i przygotowania materiałów do testów, które zostały wykorzystane w trakcie tworzenia oprogramowania. Omówiono także problematykę usytuowania kamery, obszar rejestracji oraz wybór optymalnej perspektywy. Dla każdego algorytmu przedstawiono porównanie z istniejącymi systemami kontroli, opisane odpowiednio poszczególnych podrodziałach.

2 Analiza sekwencji wideo

Nagranie materiałów testowych odbyło się za pomocą kamery Panasonic NV-GS500 umieszczonej na statywie, by nagrania nie zawierały poruszeń i były stabilne. W istniejących systemach monitoringu najczęściej kamery są umieszczone wyżej, w miejscach niedostępnych z ziemi, co daje inną perspektywę, często również ułatwia rozpoznanie zdarzeń. Badania wykazały, że usytuowanie kamery należy dostosować do typu badanego zdarzenia, przy maksymalizacji pożądanych cech obrazu i minimalizacji artefaktów oraz zakłóceń.

Do zapisu sekwencji wideo z kamery użyto portu IEEE1394 (FireWire) i programu Windows Movie Maker. Program ten wykorzystuje kontener typu WMV – stworzony przez Microsoft format kompresji danych audiowizualnych. Oprogramowanie do analizy materiału wideo zrealizowano w środowisku Matlab. Środowisko to natywnie akceptuje kontener audiowizualny AVI (ang. *Audio Video Interleave*). W celu umożliwienia transferu danych do analizy w podsystemie Matlab Simulink utworzono program do konwersji plików z formatu WMV na AVI.

Rozważania dotyczące detekcji wybranych zdarzeń zagrażających bezpieczeństwu ludzi i mienia zaprezentowano w poniższych akapitach.

3.5 Wykrywanie ognia

Zarejestrowany przez system wizyjny ogień to przede wszystkim emisja promieniowania widzialnego – światła w postaci rozbłysków, które dynamicznie przemieszczają się pod wpływem ruchów rozgrzanego powietrza. Płomienie mogą posiadać różną temperaturę i w zależności od niej przyjmują określony kolor (czerwony, pomarańczowy, biały, odcienie niebieskiego).

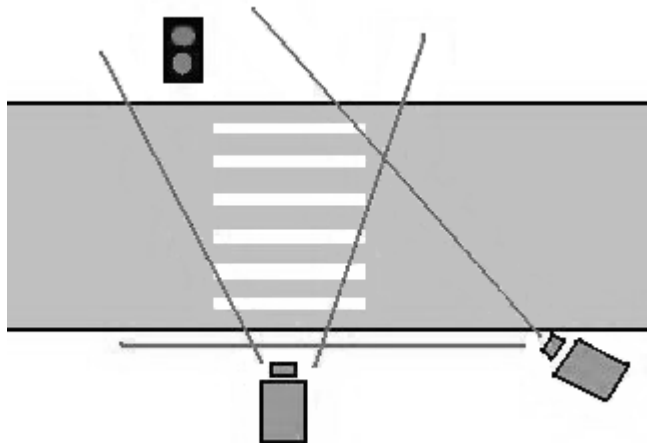
Z analizą ognia wiąże się wiele utrudnień. Jak wspomniano wcześniej, kolor ognia jest związany z temperaturą – do wykrycia zdarzenia niemożliwe jest więc zastosowanie kryterium koloru. Mimo tego niektórzy autorzy algorytmów [2] uważają, że wykrycie ognia jest możliwe w oparciu o analizę barwy. Jest to jednak metoda bardzo niepewna. Kolor czerwony ognia to temperatura od 525 do 1000 [°C], kolor pomarańczowy: 1100 – 1200 [°C], kolor biały, odcienie niebieskiego: od 1300 do 1500 [°C] [3].

Do wykrycia ognia zaproponowano analizę jasności i nasycenia barwy. Analiza ta jest dużo łatwiejsza do przeprowadzenia przy reprezentacji koloru w paletce barw HSV (hue, saturation, value) niż w RGB. Należy oddzielić odcień koloru od jego nasycenia oraz jasności i skupić się wyłącznie na dwóch ostatnich cechach – traktując ogień jako źródło światła. Część nagrań została przygotowana w taki sposób, by dodatkowo utrudniać analizę ognia. Płomień widoczny jest na tle oświetlonej przez promienie słońca ściany, a z boku sceny znajduje się okno i sztuczne źródła światła (por. rys. 14). Gdybyśmy ograniczyli się tylko do metody wyszukania w obrazie źródeł światła – dawałaby ona błędne rozpoznania. Przykładem mogłyby być tutaj włączone reflektory poruszającego się samochodu. Z tego też powodu użyty w programie model został dodatkowo rozszerzony o badanie, czy dane obiekty (źródła światła) są w ruchu oraz czy mają wydłużony kształt, co wskazuje na płomień.

3.6 Przejście na czerwonym świetle na przejściu dla pieszych

Zakaz przejścia na czerwonym świetle na przejściu dla pieszych jest przez wielu ludzi bagatelizowany. Są to zazwyczaj osoby młode, śpieszące się na tramwaj, autobus, decydujące się na przejście szczególnie w sytuacji długiego oczekiwania. Niestety swym zachowaniem często prowokują inne oczekujące osoby do wtargnięcia na jezdnię, co w przypadku osób starszych stwarza poważne zagrożenie. Znane są rozwiązania mające na celu minimalizację tego zjawiska np. poprzez wyświetlanie czasu pozostałego do zmiany światła na zielone, choć wyniki badań często wskazują nieskuteczność tej metody. W pracy skupiono się na stworzeniu modelu już zaistniałej sytuacji zagrożenia.

Obszarem zainteresowania (ang. ROI – region of interest) w opisywanej sytuacji jest zazwyczaj fragment chodnika, przejście dla pieszych (białe pasy na jezdni), sygnalizacja świetlna oraz tło, którym są przejeżdżające pojazdy (samochody, autobusy, tramwaje). W większości nagrań testowych kamera została ustawiona prostopadle do pasów, lecz nagrano także materiał, w którym kamera obserwuje przejście dla pieszych pod kątem około 30° do osi jezdni. Schemat usytuowania kamer przedstawia rys. 1. Moduł oprogramowania wykrywający osoby przechodzące na czerwonym świetle zrealizowano dla kamery ustawionej prostopadle do osi jezdni, ze względu na najlepszą rejestrację sygnalizacji świetlnej (rys. 2). Obserwacja sygnalizatora pod dużym kątem, ze względu na obudowę sygnalizacji (chroniącej przed odbłaskami słońca), uniemożliwia pewne rozpoznanie jego stanu. Ten sposób obserwacji może być rozważany, jednak w celu zwiększenia skuteczności wymaga doprowadzenia do systemu monitoringu dodatkowego sygnału ze sterownika sygnalizacji świetlnej.



Rys. 1. Obszar rejestracji i perspektywa w nagraniu przejścia dla pieszych [4]

3.7 Przystanek tramwajowy

Modelowanie sytuacji zagrożenia na przystanku polegało na analizie liczby osób znajdujących się na platformie przystanku oraz wykryciu przekroczenia białej linii znajdującej się na jej krawędzi. Przekroczenie wstępnie zdefiniowanej gęstości tłumu, tj. średniej liczby osób przypadających na jednostkę powierzchni platformy przystanku, stanowi realne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu pasażerów i prowokuje spychania i schodzenia na jezdnię lub torowisko. Kamera umieszczona została tak,

by mogła obserwować linię bezpieczeństwa wzdłuż przystanku i drzwi tramwaju. Dodatkowo widoczne jest także otoczenie przystanku, gdzie zazwyczaj dochodzi do aktów wandalizmu, przestępstw i przemocy (por. rys. 13).

3.8 Jazda w niedozwolonym kierunku

Jazda w niedozwolonym kierunku na jezdni o zadanym kierunku ruchu („pod prąd”), wskutek niedostosowania się lub przeoczenia znaku droga jednokierunkowa bądź zakaz wjazdu, jest szczególnie niebezpieczna. Szczególne zagrożenie powstaje na drogach wąskich i krętych lub z parkującymi na poboczu pojazdami.

Rozważono dwa ustawienia kamery. Pierwsze, prostopadłe do osi jezdni (wtedy samochód będzie obserwowany jako przejeżdżający w prawo lub w lewo) lub równoległe do osi jezdni (w tym przypadku auto będzie zbliżało się lub oddalało od kamery). Najlepszą sytuacją jest, by kamera była zamontowana wysoko nad ulicą, gdyż w swoim obszarze widzenia będzie mogła objąć także chodnik, przejście dla pieszych lub skrzyżowanie. Dodatkowo zredukowany zostanie efekt prześwietlenia obrazu przez reflektory pojazdu.

3 Automatyczne wykrywanie niebezpiecznych zdarzeń w sekwencji wideo

3.1 Wykrywanie niebezpiecznych sytuacji na przejściu dla pieszych

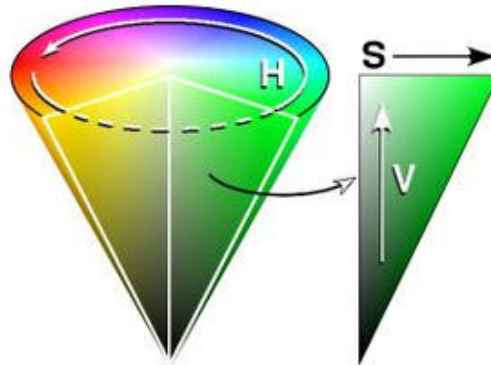
Na rys. 2 przedstawiono obraz z nagrania osób, które przechodzą na czerwonym świetle. Dla utrudnienia analizy wybrano przejście, na którym poza pieszymi na pasach mogą poruszać się zarówno samochody jak i tramwaje.

Poniżej opisano działanie przygotowanego oprogramowania napisanego w środowisku Matlab. Schemat blokowy algorytmu zaprezentowano na rys. 9. Program rozpoczyna działanie od wczytania filmu do przestrzeni roboczej i ekstrakcji klatek. Wykorzystano funkcje *aviinfo* (informuje ona o parametrach filmu) i *frame2im* (zamiana klatki filmu do obrazu). Na tak przygotowanych obrazach odbywa się dalsze przetwarzanie i analiza.



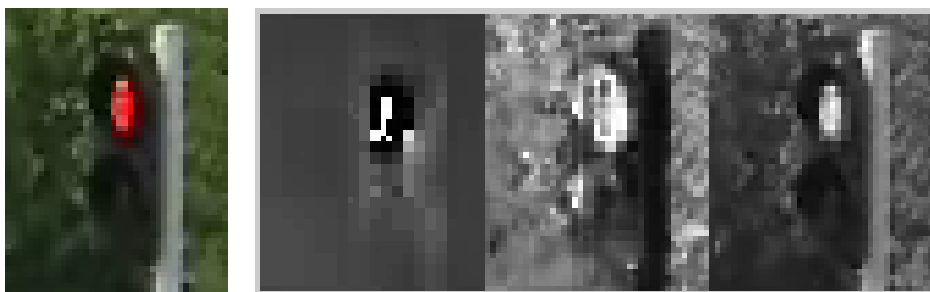
Rys. 2. Przykład nagrania do wykrywania sytuacji przechodzenia na czerwonym świetle [4]

W celu wyszukania na obrazie sygnalizacji świetlnej odbywa się zamiana palety barw ze standardowej RGB na HSV (rys.3) – ułatwia to binaryzację obrazu na podstawie kryterium koloru.



Rys. 3. Model przestrzeni barw HSV [5]

Początkowo algorytm wyszukuje w obrazie punkty o czerwonej barwie, dużym nasyceniu i określonej powierzchni. Gdy znajdzie obiekty spełniające te kryteria (ROI) dokonuje ich ekstrakcji z obrazu oryginalnego wycina z obrazu podobszar, na którym znajduje się sygnalizacja świetlna. Wynik ekstrakcji ROI przedstawiono na rys. 4. Sprawdzenie, czy jest to rzeczywiście sygnalizator następuje poprzez wyszukanie w kolejnych chwilach koloru zielonego, oznaczającego możliwość przejścia przez pasy. Dane o wykryciu zapalonego światła bądź jego braku są zapisywane dla każdej badanej klatki filmu w formie binarnej.



Rys. 4. Wynik automatycznego wycięcia sygnalizacji świetlnej (od lewej: obraz oryginalny, składowa H, składowa V systemu HSV) [4]

W następnym etapie wykrywany jest ruch, w celu rozpoznania przejścia przez osobę na czerwonym świetle. Na tym etapie obrazy są konwertowane z postaci RGB do skali odcieni szarości i filtrowane medianowo w celu usunięcia szumu śrutowego typu „*salt-and-peper*”.

Te same operacje są wykonywane na poprzedniej klatce filmu, w celu późniejszego wyznaczenia różnicy obrazu bieżącego i poprzedniego (por. rys. 9). W dalszej części przeprowadzana jest binaryzacja ze stałym progiem binaryzacji oraz operacje morfologiczne: zamknięcia, dyfuzji i wypełniania obiektów. Wyniki tych operacji pokazane są na rys. 5 – 8.

Następnie na tak przygotowanych obiektach wykonywana jest operacja badania ich kształtu. Wykorzystano do tego współczynnik Fereta [6]. Jest on miarą rozciągłości cząstki w pionie i w poziomie według wzoru:

$$R_F = \frac{L_H}{L_V} \quad (1)$$

gdzie:

L_H - maksymalna średnica obiektu w poziomie,

L_V - maksymalna średnica obiektu w pionie.

Po zmierzeniu rozciągłości obiektu następuje decyzja: jeśli zostanie wykryty obiekt w orientacji pionowej jest on uważany za osobę w ruchu, jeśli w orientacji poziomej – za poruszający się pojazd.

Ważnym elementem jest fakt, że badane są obiekty, które częściowo lub w całości znajdują się w obszarze pasów. Obiekty, które znajdują się poza przejściem dla pieszych nie są analizowane pod względem ich kształtu, lecz są rozpoznawane, jako obiekty ruchome.



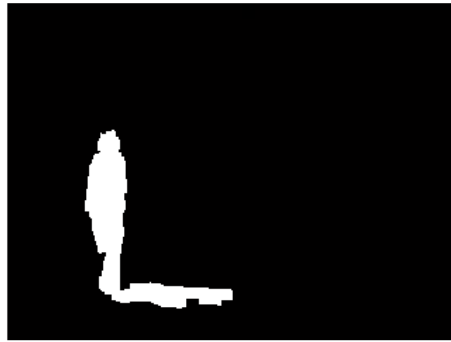
Rys. 5. Klatka 63 filmu służącego do wykrycia przechodzenia na czerwonym świetle [4]



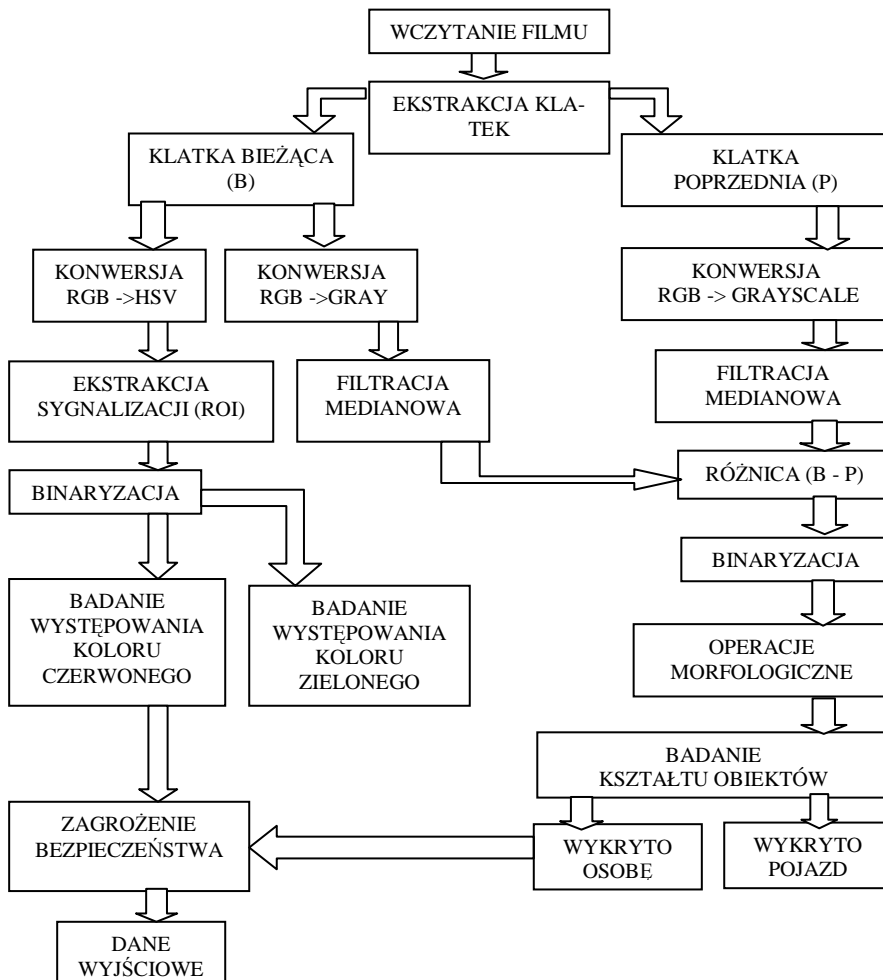
Rys. 6. Klatka 63 filmu po przekształceniu do skali szarości oraz po filtracji medianowej [4]



Rys. 7. Różnica 63. i 62. klatki filmu [4]



Rys. 8. Operacje morfologiczne wykonane na różnicy klatek: operacje zamknięcia, dylatacji, oraz wypełnienia obiektów [4]



Rys. 9. Schemat blokowy programu do wykrywania osób przechodzących na czerwonym świetle

W końcowym etapie wykrywane jest równoczesne wystąpienie koloru czerwonego na sygnalizacji świetlnej oraz pojawienie się osoby na pasach – oznacza to wystąpienie zagrożenia bezpieczeństwa.

Problemem podczas analizy może okazać się występowanie długiego cienia w godzinach popołudniowych lub w okresie jesienno-zimowym. Cień ten jest wykrywany podczas detekcji obiektów ruchomych i może powodować niepoprawną kategoryzację obiektów za pomocą współczynnika Fereta.

Efekt działania programu przedstawiany jest graficznie. Gdy program wykryje zagrożenie, w górnej części kadru wyświetli się czerwony pas. Może to zwrócić uwagę osoby pracującej na stanowisku dozorowym, wygenerować ostrzeżenie słowne lub być wykorzystywane w inny sposób. Wyniki działania analizy przejścia na czerwonym świetle przedstawiono na rys. 10.



Rys. 10. Wynik analizy przejścia na czerwonym świetle [4]. Pasek na górze obrazu oznacza wykrytą niebezpieczną sytuację

3.2 Wykrywanie niebezpiecznych sytuacji na przejściu dla pieszych – przegląd literatury

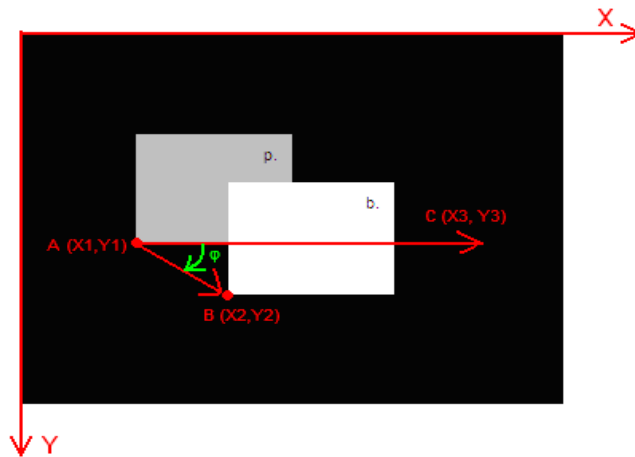
W algorytmie przedstawionym przez autorów nie zajmowano się inteligentnym wykrywaniem obszaru pasów. Obszar ten zostaje z góry zdeklarowany jako region - wirtualna strefa zakazana, gdy zapalone jest czerwone światło na sygnalizacji świetlnej. Prace [7] i [8] przedstawiają algorytmy, które w sekwencji wideo wyszukują pasów znajdujących się na jezdni. Jako główne zastosowanie algorytmu podano wykorzystanie go przez osoby niewidome podczas przejścia przez jezdnię. Na przejściach, zwykle czarna powierzchnia drogi jest malowana białymi pasami o stałej szerokości. Ta cecha została użyta do wyznaczenia wzorców. Dodatkowo poza badaniem szerokości przejścia, analizie poddawane są kierunek pasów oraz ich liczba. Eksperymentalną ocenę proponowanego podejścia przeprowadzono dla 100 rzeczywistych obrazów, z i bez skrzyżowania. Dokładność algorytmu określono na 95%.

Praca [9] przedstawia sposób na wyznaczanie trajektorii ruchu użytkowników drogi znajdujących się na przejściu dla pieszych w czasie rzeczywistym. Ramki wideo wydobyte z wideo są użyte do ustalania trajektorii, która prezentuje podstawowe cechy obiektu, jak szerokość, szybkość i długość. Dokładność algorytmu to 93%, a czas podejmowania decyzji jest mniejszy niż 100ms.

3.3 Wykrywanie jazdy w niedozwolonym kierunku na ulicy jednokierunkowej

Pracę nad analizą rozpoczęto od wyznaczenia cech wspólnych samochodów w celu ich wykrycia. Mogą to być tablice rejestracyjne – znajdują się one w każdym pojeździe zarówno z przodu jak i z tyłu. Niestety rozwiązanie to przy wykorzystaniu jedynie kryterium koloru nie zawsze prowadzi do poprawnych wyników, a przy rozszerzaniu analizy istotnie komplikuje i spowalnia algorytm. Kolejną cechą mogą być reflektory: białe z przodu pojazdu i czerwone z tyłu. Przeprowadzono próby binaryzacji na podstawie kryterium tych kolorów. Niestety przy analizie koloru białego w nagraniach testowych występowało zbyt dużo prześwietleń obrazu i odbić światła (np. od szyb samochodu), co dawało błędne wyniki. Ponadto światła samochodu nie są widoczne, gdy kamera jest ustawiona wysoko nad jezdnią, obserwując samochód z góry (podobnie jest przy próbie wykrycia tablicy rejestracyjnej).

Z podanych wyżej przyczyn zdecydowano się na analizę polegającą na uogólnieniu modelu i wykryciu oraz obserwacji wszystkich obiektów ruchomych. Detekcja obiektów ruchomych odbyła się w taki sam sposób jak w przykładzie poświęconym przejściu na czerwonym świetle na przejściu dla pieszych. Lokalizację kamery i perspektywę obserwacji można zaobserwować na rys. 12. Pojazdy oddalające się od kamery poruszały się niewłaściwie, zbliżające się – poprawnie. Ze względu na niewielki kąt pomiędzy osią kamery a osią jezdni należało zaproponować metodę skutecznego wykrycia kierunku ruchu. W tym celu obliczany jest kąt przesunięcia obiektu ruchomego. W celu wykrycia kąta przesunięcia obiektu, który jest w ruchu porównano ze sobą obrazy w odstępie 20 klatek. Odległość ta jest racjonalna z punktu widzenia dobrego ustalenia kąta przesunięcia obiektu i jednocześnie kierunku, w którym on zmierza. Wspomniany kąt rozpięty jest pomiędzy wektorem odniesienia a wektorem prędkości obiektu. Obrazuje to rys. 11.



Rys. 11. Schemat badania kąta przesunięcia się obiektu w czasie [4]

Oznaczenia do rysunku 11:

b. - obiekt w chwili bieżącej,

p. - obiekt w chwili poprzedniej,

A – punkt początkowy wektora oznaczający współrzędne obiektu w chwili poprzedniej,

B – punkt końcowy wektora oznaczający współrzędne obiektu w chwili bieżącej,

C – punkt końcowy wektora odniesienia,

Wektor AB – wektor prędkości obiektu,

Wektor AC – wektor odniesienia, wprowadzony w celu wyznaczenia kąta,

Kąt ϕ – badany kąt.

Punkty A i B położenia obiektu zostały wyznaczone na podstawie obrysu obiektu w reprezentacji binarnej, w którym punkty te oznaczają skrajne lewe dolne części obiektu, wyznaczone za pomocą funkcji max_Y i min_X obiektu poddawanego analizie (rys. 11). Sinus wyznaczonego kąta przyjmuje wartości ujemne dla pojazdów zbliżających się do kamery, a dodatnie dla oddalających się, co równocześnie oznacza sytuację zagrożenia. W takim przypadku wyświetlona zostanie informacja o jeździe w niedozwolonym kierunku.

Obok samochodów na drodze czy chodniku mogą pojawić się inne obiekty ruchome – piesi, rowerzyści. Z tych względów konieczną stała się dodatkowa analiza kształtu obiektów za pomocą współczynnika Fereta.

Założono, że zbliżające się do obiektywu kamery obiekty są traktowane jako sytuacja niewłaściwa, czyli jako obiekty poruszające się w nieprawidłowym kierunku. Wyniki przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Przykłady prawidłowego rozpoznania programu w analizie nieprawidłowej jazdy na ulicy jednokierunkowej [4]. Pasek na górze obrazu oznacza wykrytą niebezpieczną sytuację

3.4 Wykrywanie jazdy w niedozwolonym kierunku na ulicy jednokierunkowej – przegląd literatury

Praca [10] prezentuje nową metodę segmentacji ruchomych obiektów w sekwencji wideo. Metoda AIM (ang. *adaptive invariable moments*) bierze pod uwagę przestrzenne zależności między pikselami poruszających się obiektów w jednym obrazie. Kolejną zaletą jest segmentacja realizowana przy użyciu jednej sekwencji wideo. Natomiast w [11] pokazano automatyczne wykrywanie sytuacji wypadku i przedstawia go jako najważniejszy obszar nadzoru wideo. W pracy zaproponowano model płaszczyzny geometrii oraz kierunku ruchu, by lepiej można było zrozumieć i przewidzieć zachowanie pojazdu.

3.5 Wykrywanie tłumu na przystanku komunikacji miejskiej

Algorytm służący do wykrywania sytuacji niebezpiecznych na przystanku komunikacji miejskiej jest zbliżony do wykrywania osoby na przejściu na pasach. Podobieństwo polega na wykrywaniu osób w obszarach zabronionych. W tym przypadku jest to droga lub torowisko. Wynik działania tej części programu przedstawia rys. 13.

Różnicą pomiędzy algorytmami jest to, że oprócz badania występowania osób na torowisku bądź drodze dodatkowo jest badana liczba osób znajdująca się na przystanku. Jeśli przekroczy ona stan, który został ustalony jako niebezpieczny, wtedy zgłaszana jest sytuacja zagrożenia bezpieczeństwa.



Rys. 13. Przykład prawidłowej oceny sytuacji zagrożenia na przystanku komunikacji miejskiej – wykryto osobę znajdującą się na torach [4]. Pasek na górze obrazu oznacza wykrytą niebezpieczną sytuację

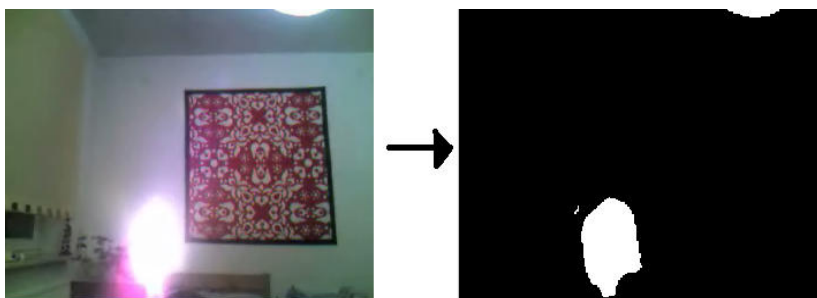
3.6 Wykrywanie tłumy na przystanku komunikacji miejskiej – przegląd literatury

W [12] przedstawiono algorytm detekcji i zliczania obiektów, używając w tym celu algorytmów przetwarzania obrazów. Prace nad programem pozwoliły stworzyć system, który pobiera sekwencję wideo lub pojedynczy obraz. System jest przeznaczony do znajdowania różnic w obrazie, jaką jest ruchomy obiekt i wyznaczania liczby odpowiadającej ilości obiektów na danej scenie. Program składa się z sześciu komponentów: akwizycji obrazów, poprawy jej jakości, segmentacji, analizy obrazu, liczenia obiektów i raportu.

3.7 Wykrywanie ognia

Na początku analizy obrazu algorytm wyznacza klatkę referencyjną, która w późniejszej analizie pozwoli na wykrycie zmian, np. ognia. Następnie program wyszukuje w obrazie pojawiających się obiektów o dużej jasności i na tej podstawie przeprowadzana jest binaryzacja (rys. 14).

W dalszej części przeprowadzona zostaje operacja odjęcia od siebie klatki referencyjnej i bieżącej (obie wcześniej zostały poddane binaryzacji). Operacja ta pozwala na usunięcie z obrazów innych źródeł światła, które mogły by dać błędne wyniki w analizie. Tak przygotowane obrazy różnicowe poddawane są analizie kształtu obiektów za pomocą współczynnika Fereta. Współczynnik ten odpowiednio wykorzystany dobrze określa wydłużony kształt płomieni.



Rys. 14. Wynik binaryzacji na podstawie jasności obiektów [4]

Drugą metodą badającą występowanie ognia jest wykrycie jego ruchliwości. Jest to miara względna oparta na różnicy wyrażonej w pikselach pomiędzy klatką bieżącą a poprzednią. Jeśli przekroczy ona zadany wcześniej próg, wtedy program będzie zgłaszał występowanie jasnych, szybkozmiennych obiektów, które mogą oznaczać występowanie ognia.

Detekcja ognia na podstawie badania wyłącznie płomieni może nie wystarczyć w wykryciu tego typu niebezpieczeństwa. Należałoby zatem dodatkowo badać występowanie dymu. Może to być zrealizowane następująco: ekstrahowany zostaje ROI obejmujący obszar badania, w którym może gromadzić się dym np. pod sufitem pomieszczenia lub na fragmencie ściany. Najlepiej, gdy wybrany ROI będzie pochodził z obszaru, w którym w normalnej sytuacji nie występuje ruch. Pojawienie się zadymienia zmienia kontrast obrazu i jasność. Wielkości te można ocenić badając np. histogram jasności lub koloru. Wyniki działania programu wykrywającego ogień przedstawiono w tabeli 1.

3.8 Wykrywanie ognia – przegląd literatury

Praca [13] proponuje metodę wykrywania ognia, jako prostą analizę informacji o kolorze, a [14] dodaje inne zmienne, które odpowiadają własnościom koloru płomienia w procesie wykrywania, by tym samym zmniejszyć ryzyko fałszywego alarmu ze względu na zmienne oświetlenie tła.

Autorzy [15] proponują wykrycie ognia w czasie rzeczywistym, łącząc ze sobą informacje o kolorze z tłem. Informacje o tle otrzymane są przy użyciu adaptacyjnego algorytmu estymacji tła. Następnie sprawdzane jest, czy wykryty z tła obiekt to ogień, czy nie. Wyjście z tych etapów jest analizowane ramka po ramce – sprawdzane jest, czy obiekt, który mógłby być ogniem jest w ruchu, czy jest stabilny. Podsumowując, ogień nigdy nie jest stabilny, więc program powiadamia o ruchomych obiektach w określonym kolorze.

W [16] i [17] najpierw wyznaczano kontur pola powierzchni płomienia, używając palety kolorów HSV. Następnie wyodrębniony kontur zostaje przekształcony w współrzędne biegunowe. Wydobyte współrzędne biegunowe każdego wejściowego obrazu umieszczone są w szeregu czasowym. Wahania danych są wydobyte jako czaso-przestrzenne dane na konturze obiektu. Przetwarzanie następuje w sieci neuronowej, która daje dobre wyniki, ale złożoność obliczeniowa jest zbyt duża do wykorzystania algorytmu w czasie rzeczywistym.

Czujniki termiczne stosowane w [18] uzupełniono kamerą rejestrującą obraz w skali szarości w celu obserwacji zmian temperatury. Niestety, metoda ta wymaga kosztownych czujników oraz dokładnego ich rozmieszczenia i kalibracji.

Praca [19] przedstawia kolejne etapy przetwarzania algorytmu wykrywającego dym pochodzący od ognia. Algorytm czasu rzeczywistego segmentacji historii ruchu rejestruje możliwe położenie ognia w sekwencji wideo, a następnie wykonuje analizy spektralnej, przestrzennej i czasowej cech regionów, w których może palić się ogień. Analiza spektralna wyznacza kolor dymu ognia – używana jest paleta barw HSI. Analiza przestrzenna określa burzliwe zjawiska związane z ogniem w stosunku do obwodu i powierzchni. W następnym etapie stosowany jest algorytm CAMSHIFT. Umożliwia to śledzenie położenia dymu ognia w czasie rzeczywistym z dużą sprawnością. Efekt działania programu przedstawiono na rys.15.



Rys. 15. Efekt działania algorytmu wykrywania dymu [19]

4 Testy i optymalizacja

Dla zobrazowania skuteczności działania przygotowanych algorytmów i oprogramowania przeprowadzono badania na wstępnej, testowej próbie zdarzeń. Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Z nagrań zawierających ogień (czas: 2 min.) algorytm wskazał bezbłędnie sytuacje zagrożenia pożarem. Z nagrań do analizy wykrywającej przejście na czerwonym świetle (czas: 17 min.) również poprawnie wykryte zostały wszystkie sytuacje zagrożenia. Detekcja nieprawidłowej jazdy na ulicy jednokierunkowej (czas nagrań: 6 min.) dała nieco gorsze wyniki – skuteczność w tym przypadku to 92%.

W celu poprawnego działania algorytmów należało dopasować: próg binaryzacji obiektów oraz związane z tym operacje morfologiczne. Należy pamiętać, że mała zmiana parametrów binaryzacji może skutkować dużymi zmianami wyników analizy.

Tabela. 1. Testy poszczególnych programów do analizy zagrożeń

Sytuacja	Liczba zdarzeń ogółem	Liczba wykrytych zdarzeń
Wykrycie ognia lub dymu	3	3
Wykrycie przejścia na czerwonym świetle	9	9
Wykrycie nieprawidłowej jazdy na ulicy jednokierunkowej	13	12
Analiza tłumy na przystanku komunikacji miejskiej	2	2

W analizie wykrywającej ogień lub dym, należy zwrócić uwagę, że występowanie dymu należy badać w miejscu gdzie w normalnej sytuacji nie występuje ruch. Miejsca o tym charakterze należy wyszukać w kadrze i wprowadzić jako parametry programu. Wprowadzenie zmian nie jest skomplikowane, z tym wyjątkiem, że należy pamiętać jakie są aktualne wymiary badanego obrazu, by go nie przekroczyć.

W sytuacji rozpoznania przejścia przez osobę przez przejście dla pieszych na czerwonym świetle należy pamiętać o tym, że każde skrzyżowanie może mieć inny układ. Pasy mogą zaczynać się w różnym miejscu kadru. Dlatego precyzyjne określenie ich początku i końca przyczyni się do lepszych efektów rozpoznania sytuacji niebezpiecznych. Drugą cechą, na którą trzeba zwrócić uwagę, jest automatycznie wyszukiwana w obrazie sygnalizacja świetlna. Z tego powodu przy nagrywaniu materiałów do testów należy uważać, by nie znajdowała się zbyt blisko krawędzi – w takiej sytuacji program zgłosi błąd.

W analizie wykrywającej jazdę w niedozwolonym kierunku na ulicy jednokierunkowej najważniejsze jest ustawienie opcji, które samochody

(zbliżające lub oddalające się do / od kamery) są traktowane jako sytuacja zagrożenia bezpieczeństwa.

Przykładem optymalizacji analizy niebezpiecznych sytuacji na przystanku komunikacji miejskiej może być sporządzenie wykresu liczby osób przebywających na przystanku w funkcji czasu (np. dobowego). Automatyczne zliczanie osób i analiza tych danych może dodatkowo przyczynić się do lepszego ustalenia kursów tramwajów, bądź autobusów. Zapobiegłoby to także wielu niebezpiecznym sytuacjom na zapelnionych przystankach.

Zaproponowane programy mogą także zostać użyte do kontroli lub wspomagania urządzeń (także bezpieczeństwa) w instalacjach domów inteligentnych. Przykładowo, system monitorujący występowanie ognia, po stwierdzeniu zagrożenia, mógłby włączyć odpowiednie urządzenia gaśnicze. Innym rozwiązaniem mogłaby być detekcja ruchu i zamykanie się zamków, bądź okien w czasie, gdy nikogo nie powinno być w domu.

Przedstawione oprogramowanie będzie w dalszych etapach prac rozwijane, optymalizowane i uzupełniane o kolejne przypadki zdarzeń niebezpiecznych. Przedstawione wyniki badań mogą przyczynić się do wzrostu zainteresowania takimi rozwiązaniami w zakresie telewizji dozоровej, a w efekcie do poprawy bezpieczeństwa ludzi i mienia.

Literatura

- [1] Oprogramowanie do inteligentnej analizy obrazu, Bosch http://www.boschsecuritysystems.pl/content/language1/html/3310_PLK_XHTML.asp
- [2] Zych K., Rejestracja to za mało. Inteligentna analiza obrazu <http://www.volta.com.pl/userfiles/file/artykuly/3.pdf>
- [3] „Definicja ognia“ <http://en.wikipedia.org/wiki/ogien>
- [4] Chmielewska A., Przetwarzanie sekwencji wideo w automatycznym rozpoznawaniu stanów zagrożenia, Praca magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań, 2009, niepublikowana
- [5] Opis palety barw HSV <http://en.wikipedia.org/wiki/hsv>
- [6] Tadeusiewicz R., *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów* Kraków : Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, 1997
- [7] Shorif Udin M., Shioyama T., Detection of Pedestrian Crossing Using Bipolarity Feature – An Image-Based Technique, *IEEE Transactions of Intelligent Transportation System*, vol.6, no.4, 2005
- [8] Uddin M. S., Shioyama T., Measurement of pedestrian crossing length using vector geometry—An image based technique, in *Proc. IEEE Int. Midwest Symp. Circuits and Systems*, Hiroshima, Japan, Jul. 2004, vol. I, pp. 229–232

- [9] Zhao Q., Zhang G. Y., *Video Based Real-Time Pedestrian Detection on Zebra Cross*, Image and Signal Processing, Shanghai, China, 2009
- [10] Youfu WU, Gang Zhou, Jing WU, *Moving Object Segmantation for Determining Direction*, Global Congress on Intelligent Systems, Xiamen, 2009
- [11] Huang H., Lu M., Wang H., Ma X., Cai, Z. *A Plane-Geometry Model for Automatic Detection of Visual Vehicle Incident*, 2009 International Conference on Test and Measurement, 2009
- [12] Pornpanomchai Ch., Stheitsthienchai F., Rattanachuen S. , *Object Detection and Counting System*, 2008 Congress on Image and Signal Processing, 2008
- [13] Healey G., Slater D., Lin T., Drda B., Goedeke A. D., A system for real-time fire detection, *Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.15–17, 1993
- [14] Phillips III W., Shah M., Lobo N. V., Flame recognition in video, *Pattern Recognition Letters*, vol. 23, pp. 319–327, 2002
- [15] Celik T., Demirel H., Ozkaramanli H., Uyguroglu M., Fire detection in video sequences using statistical color model, Department of Electrical and Electronic Engineering, Eastern Mediterranean University
- [16] Yamagishi H., Yamaguchi J. , *Fire flame detection algorithm using a color camera*, Proceedings of 1999 International Symposium on Micromechatronics and Human Science, 1999, p.255-260
- [17] Yamagishi H., Yamaguchi J., *A contour fluctuation data processing method for fire flame detection using a color camera*, 26th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Volume: 12, 2000, p. 824-829
- [18] Plumb O.A., Richard R.F., Development of an economical video based fire detection and location system, US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology. 1996
- [19] Chao-Ching Ho, Tzu-Hsin Kuo, *Real-Time Video-Based Fire Smoke Detection System*, 2009 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Singapore, 2009

W pracy zaprezentowano wyniki osiągnięte w projektach PPBW, IN-DECT i DS 93-182/10.

APPLYING METHODS OF PROCESSING THE SEQUENCE OF THE VIDEO FOR SUP- PORTING THE URBAN MONITORING

Summary – This article presents applications of video processing theory in the automatic detection of threats in advanced CCTV systems. Several, most common situations were analyzed: pedestrian crossing on the red light, driving in wrong direction on the one-way road. Some other danger situation were also taken into account: too fast object movement (people, cars), smoke or fire, entering on forbidden areas like for example tracks on the tram stop. The algorithms for detection of these situations were proposed. Presented models of the threats were utilized and tested in the algorithms for automatic detection and supporting of CCTV operators, using video processing techniques.