

Marek Stawowy¹, Andrzej Szmigiel²
 Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej
 Tomasz Targosiński³,
 Instytut Transportu Samochodowego

Wizyjno-optyczna metoda wykrywania przechyłu obiektu

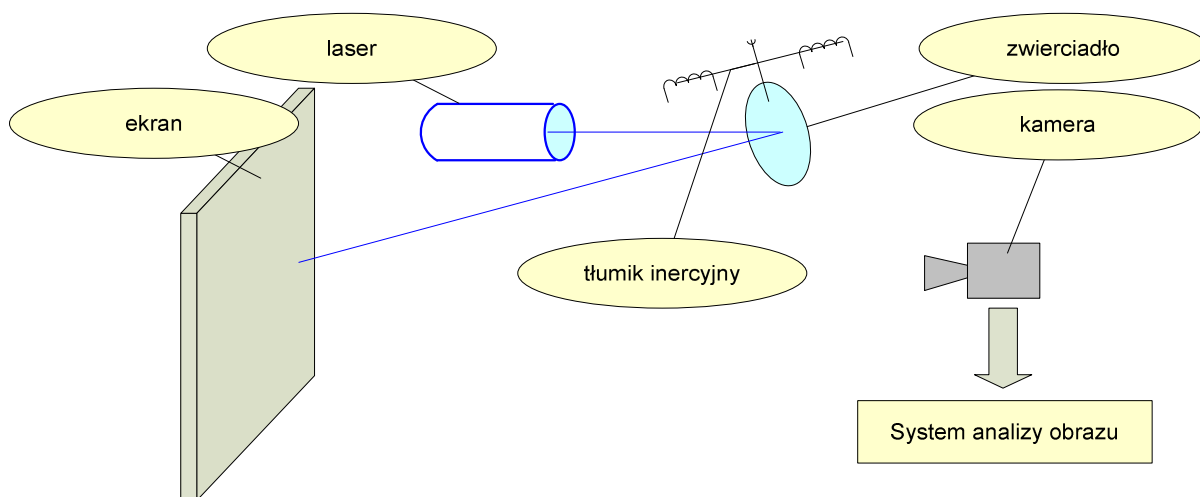
1. WPROWADZENIE

Za pomocą kamery i komputerowej analizy obrazów rzadko można robić precyzyjne pomiary. Jednak przy użyciu dodatkowych przyrządów użycie kamery może wydać się właściwe do odczytywania wyników działania innego przyrządu pomiarowego.

W trakcie transportu np: narzędzi pomiarowych nieraz istnieje potrzeba poprawnego rejestrowania położenia takiego przyrządu. Rejestrowane dane mogą posłużyć w takim przypadku do korekty pomiarów wykonywanych przez przenoszony przyrząd. Takie zastosowanie ma metoda przedstawiona w tym artykule. Metoda ta jest wykorzystana przy precyzyjnym pomiarze przechyłu urządzenia do analizy światła samochodu. Wykorzystuje dwa elementy, jakimi są światło lasera i rejestracja sekwencji obrazów przez kamerę.

2. OPIS METODY

Metoda polega z zmianie położenia plamki światła w zależności od pochylenia przyrządu (rys. 1) oraz lokalizacji tej plamki na ekranie. Zmianę położenia plamki światła można zrealizować poprzez ruchome zwierciadło, które zmienia swoje pochylenie grawitacyjnie. Zwierciadło powinno być wyposażone w tłumiki inercyjne, aby nie zmieniało położenia zbyt gwałtownie. Promień umocowanego na stałe lasera powinien padać na zwierciadło a to z kolei odbijać ten promień i kierować w różne miejsca ekranu w zależności od swego odchylenia od położenia pierwotnego. Położenie pierwotne to takie położenie, które zostało uznane, jako wyjściowe dla układu pomiarowego. Czyli gdy plamka na ekranie jest w położeniu pierwotnym wtedy urządzenie jest w pozycji poziomej.



Rys. 1. Elementy składowe systemu automatycznego poziomowania oraz widok wnętrza urządzenia pomiarowego.

Źródło: opracowanie własne.

¹mst@it.pw.edu.pl

²asz@it.pw.edu.pl

³tomasz.targosinski@its.waw.pl

Następnie należy wykonać lokalizację plamki światła lasera na ekranie. W celu jak najpewniejszej lokalizacji plamki należy zdefiniować szereg parametrów lokalizacyjnych takich jak:

- Szerokość poziomicy – odległość od prawej krawędzi obrazu definiująca, w jakim zakresie poziomym poruszać się będzie plamka poziomicy.
- Położenie początkowe – położenie wskaźnika poziomicy w pionie w przypadku, gdy urządzenie jest w poziomie (położenie pierwotne).
- Zakres badania otoczenia – definiuje ile pikseli dookoła ma być badanych poza spodziewanym położeniem wskaźnika poziomicy.
- Próg detekcji – parametr wskazujący, jaka bezwzględna różnica jasności powinna występować w plamce wskaźnika poziomicy w stosunku do średniej jasności obszaru badanego.
- Szerokość plamki – definiuje się oczekiwaną szerokość plamki wskaźnika poziomicy.
- Tolerancja szerokości plamki – zawiera wartość o ile pikseli może się różnić szerokość wykrytej plamki wskaźnika poziomicy od ustawienia szerokość plamki.
- Wysokość plamki – zawiera spodziewaną wysokość plamki wskaźnika poziomicy.
- Tolerancja wysokości plamki – zawiera wartość o ile pikseli może się różnić wysokość wykrytej plamki wskaźnika poziomicy od ustawienia Wysokość plamki.
- Współczynnik poziomowania – współczynnik poziomowania, przez który należy podzielić odchylenie wskaźnika poziomicy w celu uzyskania wartości korygującej położenie środka obrazu.
- Względny próg detekcji – parametr wskazujący, jaka względna, procentowa różnica jasności może występować w plamce wskaźnika poziomicy w stosunku do wartości maksymalnej jasności.

Mając te dane można przystąpić do opisu działania lokalizacji plamki algorytmem. Algorytm ten został przedstawiony na rys. 2.

Lokalizacja plamki odbywa się poprzez analizę lokalnej funkcji jasności i wykrywanie cech charakterystycznych obrazu. Iterując kolejne linie obrazu program bada fragment obrazu między prawą jego krawędzią a linią pikseli identyfikowaną przez parametr *szerokość poziomicy*. Fragment brany pod uwagę jest ograniczony w pionie parametrem *zakres badania otoczenia*. W pierwszym kroku w tak zdefiniowanym obszarze szukany jest punkt maksymalnej jasności oraz wyliczana średnia jasność wszystkich pikseli. W drugim kroku jest wyszukiwany punkt największej jasności (spodziewana plamka poziomicy) spełniający warunki opisane parametrami: *próg detekcji*, *szerokość plamki*, *tolerancja szerokości plamki*, *wysokość plamki*, *tolerancja wysokości plamki* oraz *względny próg detekcji*. Jeśli zostanie wykryta plamka opisana tymi parametrami system zapamiętuje jej położenie i w kolejnym kroku iteracji linii obrazu szuka następnej, potencjalnej plamki. By na końcu wybrać tę plamkę, która jest najbliższa wymiarów opisanych parametrami *szerokość plamki* i *wysokość plamki*. Funkcja zwraca aktualne położenie wskaźnika poziomicy, która to wartość służy następnie do wyliczenia aktualnego przechylenia urządzenia oraz wykrywania czy urządzenie jest w spoczynku.

Geometria sceny pomocna w wyliczeniu kąta przechylenia urządzenia pokazana została na rys 3. W celu wyliczenia kąta α wystarczy posłużyć się prostym równaniem geometrycznym na podstawie geometrii sceny. Kąt ten będzie miał wartość:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{c}{a}\right) - \arctg\left(\frac{b}{a}\right) \quad (1)$$

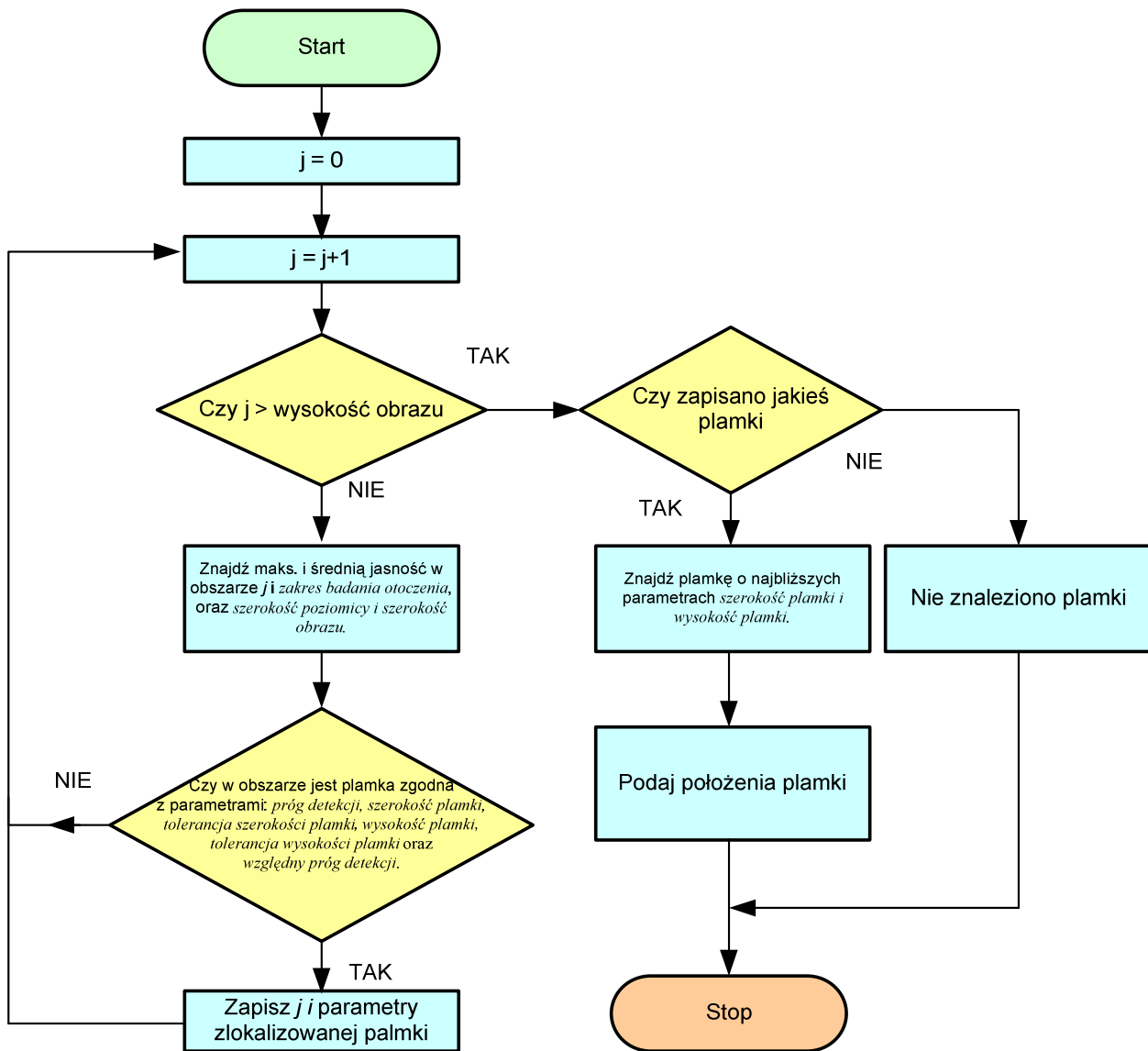
gdzie:

- a – Odległość zwierciadła od ekranu,
- b – Położenie pierwotne plamki poziomicy.
- c – Położenie aktualne palami poziomicy.

W tym miejscu można spróbować oszacować błąd metody. Otóż okazuje się, że błąd jest mocno zależny od rozdzielczości obrazu, a dokładnie od rozdzielczości w pionie. Będzie to błąd wynikający z dyskretnej natury obrazu. Można go wyznaczyć na podstawie wzoru:

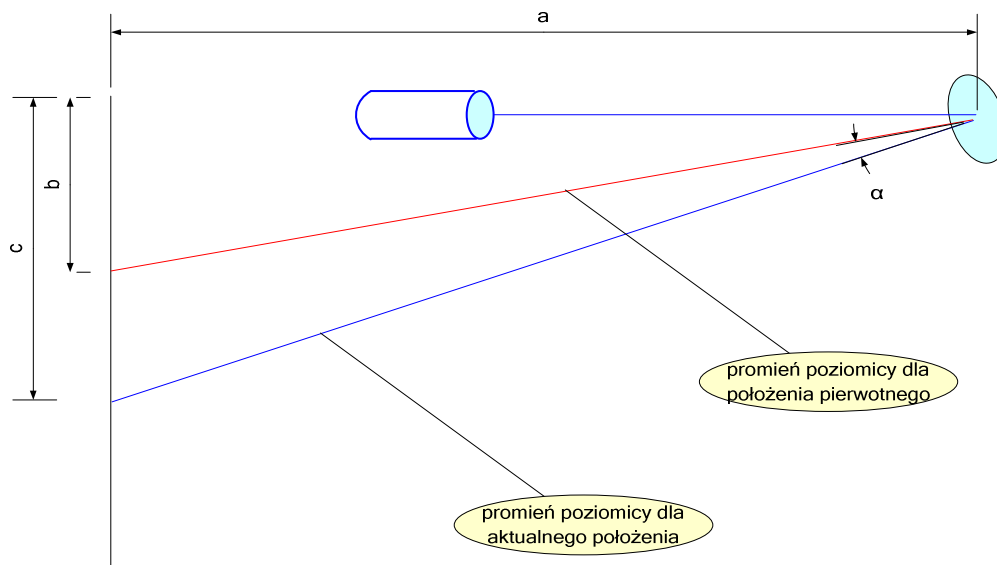
$$\partial_{\alpha} = \arctg\left(\frac{p}{a}\right) \quad (2)$$

gdzie: p - Wysokość piksela.



Rys. 2. Algorytm lokalizacji położenia wskaźnika poziomicę.

Źródło: opracowanie własne.



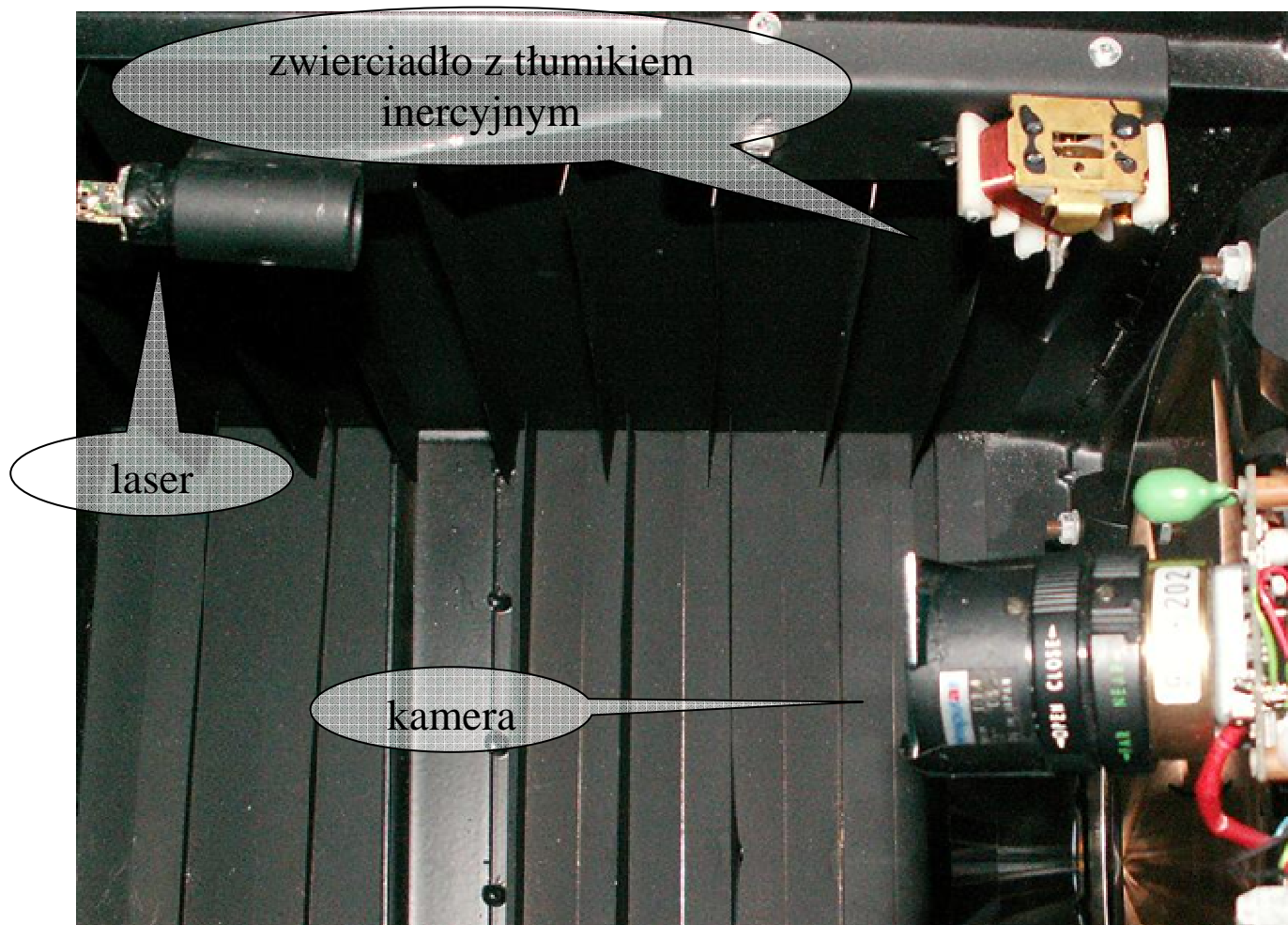
Rys. 3. Geometria sceny obserwowanej przez kamerę.

Źródło: opracowanie własne.

Ze wzoru (2) widać, że błąd metody będzie malał wraz ze wzrostem odległości zwierciadła od ekranu oraz wraz ze wzrostem rozdzielczości kamery. Ta właściwość tej metody umożliwia uzyskanie dużo większą precyzję pomiaru zmiany położenia obiektu (w tym przypadku pochylenia) niż ostatnio coraz częściej stosowane w tym celu elektroniczne czujniki bezwładnościowe.

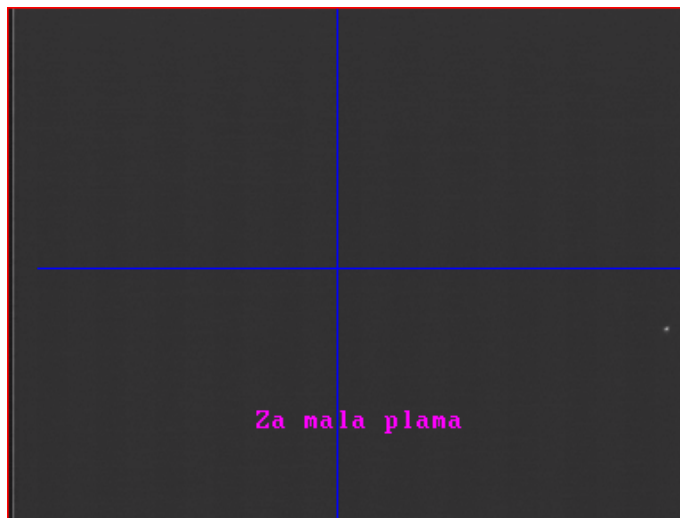
3. IMPLEMENTACJA METODY

Metoda została zaimplementowana, w jako system automatycznego poziomowania w urządzeniu do analizy świateł, wykonanego przez ITS 4. Na rys. 4 przedstawione zostało wnętrze tego urządzenia z zamontowanymi elementami do pomiaru zmiany poziomowania.



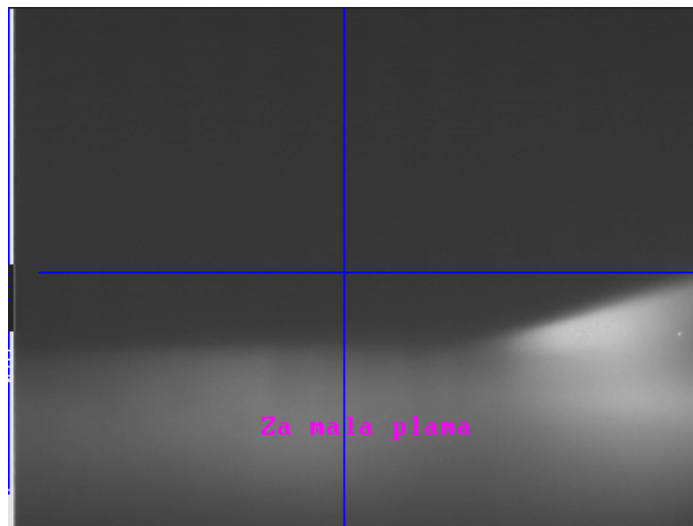
Rys. 4. Widok wnętrza urządzenia pomiarowego.
 Źródło: opracowanie własne.

Pomiar zmiany położenia plamki odbywa się poprzez lokalizację jej na ekranie za pomocą analizy obrazów. Obraz uzyskany z kamery przedstawia rys 5. Poza lokalizowaniem system wyposażony jest w detekcję różnych niepoprawnych zdarzeń. Takich jak: zlokalizowano za małą plamkę lub za dużą, plamka za blisko krawędzi ekranu, nie zlokalizowano plamki, zbyt jasne tło itp. Trzeba pamiętać, że urządzenie służy do analizy świateł samochodu i ekran zazwyczaj jest mocno oświetlony przez światła samochodu jak to widać na rys. 6. Jednak jedną z właściwości światła jest jego addytywność. Co w rezultacie daje możliwość wykrycia jaśniejszej plamki nawet na mocno oświetlonej powierzchni.



Rys. 5. Obraz ekranu oświetlonego promieniem lasera (plamka przy prawej krawędzi). System analizy informuje, że nie mógł zlokalizować plamki, bo jest za mała.

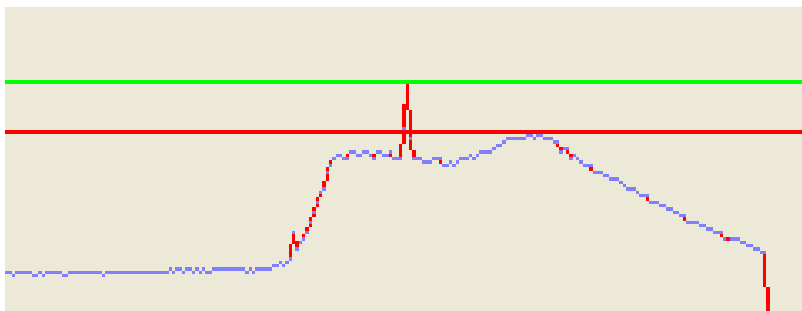
Źródło: opracowanie własne za pomocą programu testata napisanego na potrzeby projektu urzędnienia do analizy świateł.



Rys. 6. Obraz ekranu oświetlonego promieniem lasera i światłem badanego reflektora samochodowego.

Źródło: opracowanie własne za pomocą programu testata napisanego na potrzeby projektu urzędnienia do analizy świateł.

Na rys 7 przedstawiany został pionowy przekrój przez taki obraz w miejscu położenia plamki. Widać, że plamka jest wyraźnie zaznaczona i jaśniejsza nawet od najjaśniejszego piksela obrazu w tym przekroju. Jednak nie zawsze musi tak być. Także samą procedurę lokalizacji należy wyposażyć w elementy testowania otoczenia plamki dla jak najpewniejszej jej lokalizacji. Co zostało opisane w poprzednim rozdziale.



Rys. 7. Przekrój jasności obrazu z rys. 3 w linii pionowej odpowiadającej położeniu plamki.

Źródło: opracowanie własne za pomocą programu testata napisanego na potrzeby projektu urzędnienia do analizy świateł.

4. PODSUMOWANIE

Do pomiaru zmian pochylenia wykorzystano metodę opartą na grawitacyjnej zmianie położenia zwierciadła, na które pada promień światła lasera. Odbity promień jest lokalizowany przez komputerową analizę obrazów. Następnie jest wyznaczana zmiana położenia urządzenia na podstawie geometrii sceny. Poza przedstawieniem metody w artykule wskazano na główny błąd, jaki powstaje przy tych pomiarach zmiany położenia. Jak wynika ze wzoru błąd ten można zminimalizować oddalając ekran od zwierciadła lub stosując kamerę o większej rozdzielczości. Przedstawiona w artykule metoda okazuje się dużo dokładniejsza niż obecnie często stosowane elektroniczne czujniki. Na potrzeby tej metody został opracowany specjalny algorytm lokalizacji plamki na ekranie dający częściej poprawną lokalizację niż ogólnie znane i stosowane metody detekcji wzorców.

W opracowaniu przedstawiono także implementację metody w postaci systemu automatycznego poziomowania przyrządu pomiarowego w czasie jego transportu. Konkretnie w tym przypadku omówiono zmianę nachylenia przyrządu pomiarowego służącego do analizy świateł samochodu. Taki przyrząd jest w miejscu zastosowania przewożony na wózku (często wózek jest jego integralną częścią) i ustawiany naprzeciwko świateł samochodu. Ze względu na nierównomierność podłoża lub jego nachylenie może dochodzić do zmiany poziomowania tego urządzenia. Co prowadzi do niepoprawnej analizy świateł.

Wybór tej metody, a co za tym idzie opracowanie szczególnego algorytmu lokalizacji plamki, został podyktowany tym, że przyrząd i tak wykonuje analizę obrazów a położenie plamki systemu automatycznego poziomowania dostarcza tylko dodatkowych danych do analizy. Dzięki czemu uzyskano precyzyjny pomiar przy nie dużych kosztach dodatkowych.

Streszczenie

Wizyjno-optyczna metoda detekcji przechyłu obiektu opiera się wykrywaniu zmian położenia plamki światła lasera w na ekranie i lokalizację jej komputerową analizą obrazu. Metoda ta nie tylko umożliwia wykrywanie zmian poziomowania ale i pomiar kąta pochylenia. Metoda ta została użyta do poziomowania w prototypowym urządzeniu do analizy świateł samochodu⁴.

Słowa kluczowe: pomiar pozycji, analiza obrazu.

Video-optical method for tilt detection of object

Abstract

Video-optical method for detection of tilt of object based on changes in the position of the laser light spot on the screen and localization it by image analysis. This method not only allows detection of changes, but measuring the angle of inclination too. This method was used in the prototype device to analyze the car's lights.

Key words: position measurement, image analysis.

LITERATURA

- [1] Stawowy M.: „Komputerowa analiza obrazów w zastosowaniu do pomiarów parametrów ruchu pojazdów”. Rozprawa Doktorska, Wydział Transportu PW. Warszawa 2001.
- [2] Stawowy M.: Zastosowanie analizy obrazu do rozwiązywania zagadnień transportowych. Raport Prace IPI PAN, nr 862, Warszawa.
- [3] Targosiński T. Estimation of the „Cut-Off” Line Progress in Automobile Lighting Darmstadt 1999.
- [4] Stawowy M.: Opis urządzenia do analizy świateł samochodu. Instytut Transportu Samochodowego. Warszawa 2005.
- [5] F. Bantien, "Micromechanical Tilt Sensor." United States Patent, 1992.
- [6] M. Born and E. Wolf, Principles of Optics, Pergamon Press, Oxford, sixth ed., 1980.

⁴Wymieniony tu analizator świateł został opisany na stronach Instytutu Transportu Samochodowego w roku 2009 http://www.its.waw.pl/Analizator_swiateł,0,2127,1.html. M. Stawowy i T. Targosiński byli współpomysłodawcami i współwykonawcami tego analizatora.