

Przemysław MAZUREK¹
Krzysztof OKARMA¹

ALTERNATYWNA TECHNIKA REJESTRACJI OBRAZU TABLIC REJESTRACYJNYCH DLA ALGORYTMÓW SUPERROZDZIELCZOŚCI

W artykule zaprezentowano wpływ kąta obrotu kamery rejestrującej sekwencję obrazów na czytelność obrazów tablic rejestracyjnych uzyskiwanych za pomocą algorytmu super-rozdzielczości. Uzyskiwany obraz jest poddawany kolejnym fazom procesu rozpoznawania, których wynik jest w dużej mierze zależny od jakości obrazu wejściowego, szczególnie w przypadku rejestracji sekwencji wideo niskiej rozdzielczości.

AN ALTERNATIVE TECHNIQUE OF REGISTER PLATES IMAGE ACQUISITION FOR THE SUPER-RESOLUTION ALGORITHMS

The article examines the impact of camera's rotation acquiring the image sequence on the legibility of vehicle's license registration plate images obtained using the super-resolution algorithm. Obtained image is used in some further steps of the recognition process but the final result is strongly dependent on the quality of the input image, especially for the low resolution of the acquired sequence of images.

1. WSTĘP

Tablice rejestracyjne są obecnie główną metodą rozpoznawania pojazdów pozwalającą na śledzenie pojazdu w ramach Inteligentnych Systemów Transportowych (ang. *Intelligent Transportation Systems - ITS*) [3,11] oraz powiązanie z konkretnym właścicielem, co ma znaczenie zarówno dla policji, jak też systemów poprawy bezpieczeństwa. Przyszłościową techniką, powoli wdrażaną w zakresie automatyzacji opłat za np. przejazd autostradą, jest RFID (ang. *Radio Frequency IDentification*), jednak dominujące jest wciąż wykorzystanie obrazu tablic rejestracyjnych. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy jest fakt, iż numer tablicy rejestracyjnej można odczytać bez stosowania specjalistycznego sprzętu jak to ma miejsce w przypadku RFID.

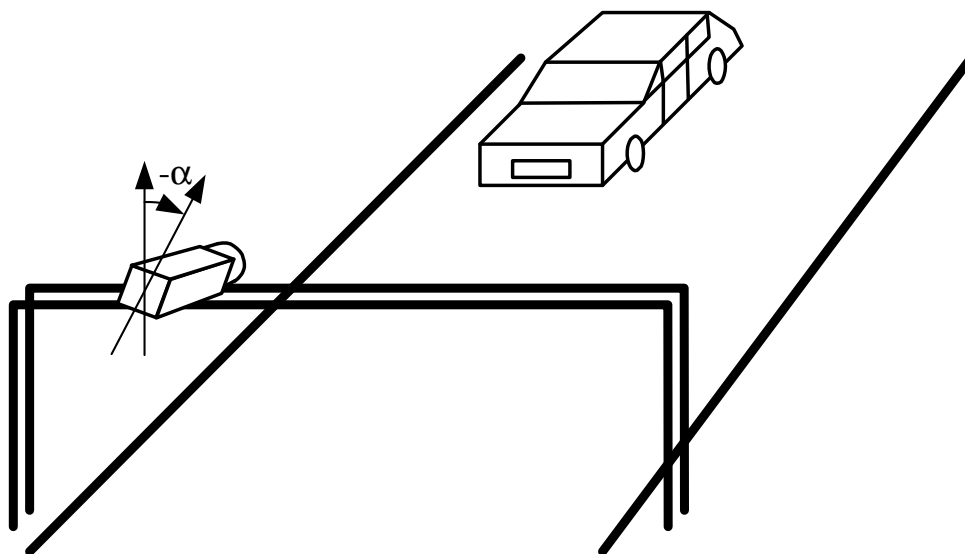
¹Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna w Szczecinie, Wydział Transportu Samochodowego; 71-244 Szczecin; ul. Klonowica 14. Tel: +48 91 424-08-75, Fax: +48 91 424-08-76 E-mail: mazurek@wste.szczecin.pl, okarma@wste.szczecin.pl

2. TABLICE REJESTRACYJNE W ŚLEDZENIU RUCHU POJAZDÓW

Śledzenie pojazdu na podstawie tablic rejestracyjnych jest stosowane np. w celu określenia średniej prędkości pojazdu osiągniętej pomiędzy dwoma punktami miasta. Możliwość rozpoznania numeru tablic jest ograniczona warunkami atmosferycznymi, stanem tablicy, jak też możliwościami samego systemu rozpoznawania (rozdzielczością optyczną, czy też algorytmami rozpoznawania). Możliwość rozpoznawania tablic z większej odległości wiąże się z kolei z ograniczeniami rozdzielczości przetwornika obrazu (zakładając brak ograniczenia ze strony układu optycznego). Zwiększenie zasięgu wymaga jednak dodatkowego przetwarzania obrazu w celu dokonania fuzji danych z większej liczby klatek obrazu, ponieważ informacja zawarta w pojedynczej klatce jest ograniczona. Wykorzystując serię obrazów tej samej tablicy z różnymi przesunięciami względem matrycy (w najprostszym przypadku są to subpikselowe translacje obrazu) możliwe jest uzyskanie wypadkowego obrazu o większej rozdzielczości w stosunku do dowolnej klatki źródłowej obrazu. Nie jest to jednakże prosta interpolacja obrazu, która powoduje „doliczenie“ brakujących wartości pikseli, ale zaawansowana operacja wykorzystująca algorytm superrozdzielczości [1,2]. Algorytmy superrozdzielczości pozwalają także na redukcję szumów w obrazie wynikowym wraz ze wzrostem liczby klatek obrazów źródłowych.

Obrazy rejestrowane przez kamerę mają pewne ograniczenia, m.in. zawierają szereg zakłóceń wynikających z budowy matrycy: ograniczenia rozdzielczości, szумы, czy też ograniczenie rozdzielczości barwy dla matryc Bayera (kolorowych). Ponieważ zwykle pomiar (rejestracja obrazów) odbywa się ze stałą szybkością, następuje powiązanie dyskretnych cech czasowych i przestrzennych systemu, co powoduje ograniczenia możliwości rejestracji obrazu. Przykładowo, jeśli pojazd porusza się w kierunku kamery z określoną prędkością, przesunięcia na kolejnych klatkach mogą stanowić całkowitą wielokrotność rozmiaru pikseli, co powoduje niemożność wykorzystania algorytmów superrozdzielczości. Jedyną korzyścią, jaka może zostać osiągnięta w takim przypadku, jest redukcja szumu obrazu tablicy. Stosując niekoherentne (losowe) wyzwalanie kamery możliwe jest dokonanie znaczącej redukcji tego efektu. W jednej z wcześniejszych publikacji [9] przedstawiono te efekty ilustrując zarówno zalety superrozdzielczości, jak również ograniczenia wynikające ze zwiększenia rozdzielczości w pionie przy zachowaniu rozdzielczości w poziomie.

Efekt kierunkowej zmiany rozdzielczości jest istotnym ograniczeniem niezależnym od algorytmu, ale zależnym od konfiguracji systemu (położenia kamery względem tablicy). Ponieważ orientacja obu elementów jest stała, możliwe jest wykorzystanie innej orientacji kamery (poprzez jej obrót w osi optycznej) w celu kierunkowej zmiany rozdzielczości, a tym samym potencjalnej poprawy jakości obrazu dla pewnych kątów.



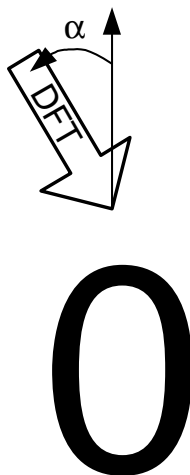
Rys.1. Schemat systemu z kamerą obróconą wokół osi optycznej.

3. PROPONOWANA METODA AKWIZYCJI OBRAZÓW I JEJ WERYFIKACJA

W celu uproszczenia eksperymentów do analizy proponowanej metody wykorzystano wyłącznie cyfry. Ma to swoje uzasadnienie wynikające z tego, że cyfry są najczęściej występującymi znakami na tablicach rejestracyjnych i w przeciwieństwie do liter z reguły nie ma preferencji do występowania określonych cyfr. Litery z kolei stosowane są głównie w prefiksie numeru tablicy.

Tablice są znormalizowane [10] i obecnie stosowane są dwa zestawy cyfr – o zwykłej szerokości oraz wąskie (z uwagi na wyczerpywanie się zasobów numeracyjnych). Dla uproszczenia w przeprowadzonej analizie założono zwykłą szerokość cyfr, które są praktycznie czcionkami jednoelementowymi, czyli o stałej szerokości tworzących je linii.

Wykorzystując obraz cyfry obróconej pod pewnym kątem można wykonać analizę widmową poszczególnych kolumn (lub wierszy) obrazu. Charakterystyka amplitudowa widma Fourierowskiego [4] opisuje składowe wolnozmiennie (dłuższe odcinki linii lub ich braku) oraz szybkozmiennie związane z detalami (w szczególności z krawędziami). Poszczególne wiersze obrazu są silnie skorelowane ze sobą, a więc można wykorzystać średnią widma amplitudowego do opisu zmienności kierunkowego obrazu cyfry. Łącząc ze sobą wypadkowe widma można przedstawić w postaci graficznej uzależnionej od kierunku poszczególne komponenty widma. Kąty, dla których występuje maksimum wartości są sugerowanymi kątami pomiędzy kamerą a tablicą. Oczywiście każdy znak może mieć inne preferowane zakresy, więc prawidłowy wybór jest wypadkową zestawów wykresów.



Rys.2. Schemat analizy kierunkowej widma.

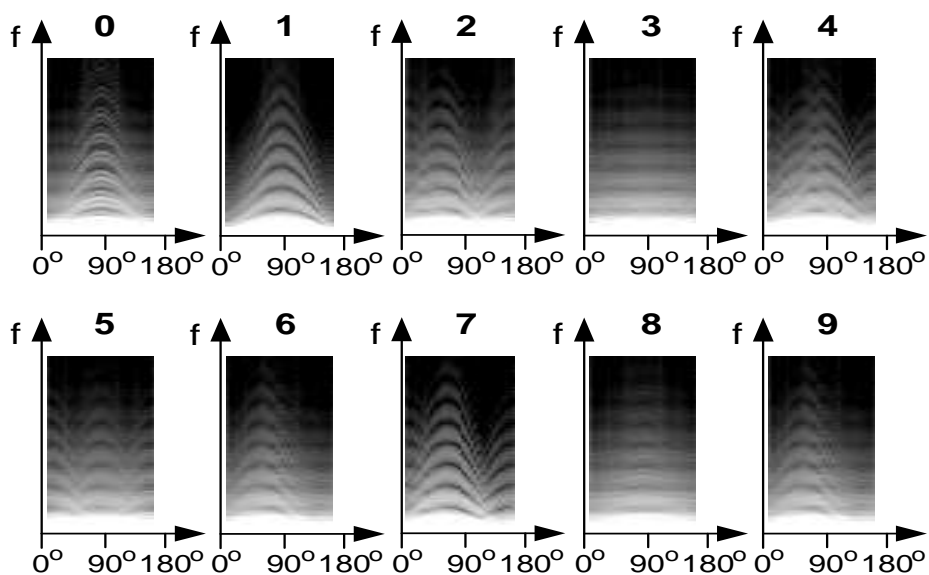
Na rysunku 3 przedstawiono amplitudowe widma kierunkowe cyfr stosowanych w tablicach rejestracyjnych. Cyfry '3' i '8' składają się z dwóch okręgów (w przypadku cyfry '3' są to okręgi niepełne), z tego też powodu widma nie wykazują silnej kierunkowości. Inaczej jest w przypadku cyfr '1' czy '7', gdzie występuje silna kierunkowość, czemu odpowiada przesunięcie zafalowań w kierunku wyższych częstotliwości. Preferowane kierunki akwizycji dla poszczególnych cyfr to: '0' – 90^0 , '1' – 90^0 , '2' – 60^0 , '3' – bez preferencji, '4' – 80^0 , '5' – 0^0 i 90^0 , '6' – 60^0 , '7' – 60^0 , '8' – bez preferencji, '9' – 60^0 .

Kąty powyżej 180^0 nie są rozpatrywane z uwagi na powtarzalność wyników. Po odrzuceniu pierwszego wyniku dla '0' oraz eliminacji cyfr '3' i '8' pozostaje siedem cyfr z preferowanymi kątami 60^0 , 80^0 oraz 90^0 , pomiędzy którymi znajduje się kierunek optymalny. Wynik zależy jednak od ilości cyfr dla każdego przypadku. Szacunkowy optymalny kąt wynosi około 75^0 . Kąt ten jest jednak liczony tylko dla jednego kierunku (gdyby przetwornik obrazu był jednowymiarowy, a nie 2D). Zakładając rejestrację obrazu za pomocą kamery o pikselach kwadratowych należy rozpatrywać jednocześnie dwa kierunki ortogonalne. Ponieważ kształt zafalowania jest w większości przypadków symetryczny, więc optymalna ortogonalna para kierunków wokół 75^0 wynosi 30^0 i 120^0 , co w przypadku montażu kamery oznacza obrót osi optycznej kamery o około 30^0 przeciwnie do kierunków wskazówek zegara. Dla takiego kąta rozdzielczość będzie maksymalna.

Warto dodać, że oszacowanie to dotyczy jedynie jakości obrazu, a nie zdolności do rozpoznawania cyfr [6]. Powiązanie pomiędzy nimi oczywiście istnieje, jednak zdolność do klasyfikacji jest zależna od rodzaju systemu rozpoznawania. Zagadnienie powiązania jakości obrazu z efektywnością rozpoznawania było dotychczas analizowane jedynie w wybranych aspektach dotyczących np. klasyfikacji tekstur [8].

Przykładowe wyniki uzyskane w wyniku działania algorytmu superrozdzielczości przedstawiono na rysunkach 4 i 5 dla wybranych kątów i zestawu 30 obrazów niskiej rozdzielczości. Na podstawie rysunku 4 można zaobserwować, że dla kąta 30^0 uzyskane

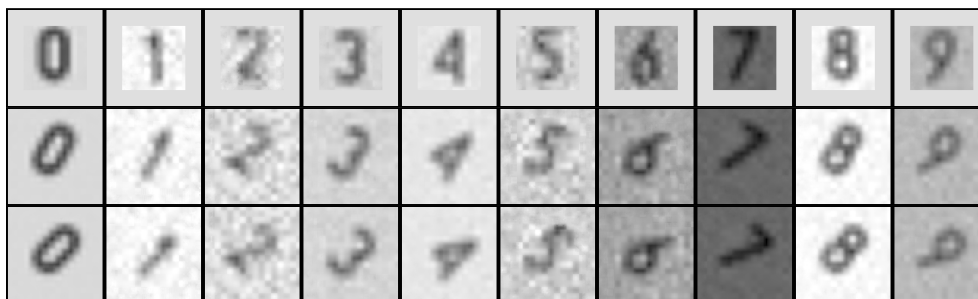
odwzorowanie znaków jest najlepsze (największy kontrast). Różnice nie są co prawda duże, ale widoczne (zwłaszcza cyfra '0' oraz '9'). W przypadku braku szumów algorytm superrozdzielczości może osiągnąć dopasowanie obrazów bliskie 100%. W przypadku zakłóceń stopień dopasowania jest mniejszy oraz występują błędy pasowania obrazów, co powoduje rozmycie obrazu wynikowego, zmniejszając zysk. Wyniki pokazane na rysunku 5 są lepsze dla obszarów wewnętrznych cyfr – okręgów występujących dla '6', '8', '9' dla kątów 30° oraz 45° .



Rys.3. Widma kierunkowe cyfr 0-9 (odcienie szarości reprezentują logarytm modułu amplitudy sygnału). W celu zwiększenia czytelności zwiększono kontrast i jasność obrazów).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Rys. 4. Obrazy uzyskane w wyniku działania algorytmu superrozdzielczości dla kątów 0° , 30° , 45° (cyfry 0-9 bez szumu)



Rys. 5. Obrazy uzyskane w wyniku działania algorytmu superrozdzielczości dla kątów 0° , 30° , 45° (cyfry 0-9 z szumem i filtracją maską 2×2 piksele oraz losowym kontrastem)

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zysk wynikający z zastosowania proponowanej techniki akwizycji danych możliwy jest do wykorzystania głównie w przypadku algorytmów rozpoznawania wykorzystujących dane surowe oraz bardzo małych rozdzielczości. Operacja progowania jest w takim przypadku źródłem dodatkowych błędów i może powodować duże straty w danych.

W przypadku dużego rozmiaru (w pikselach) obrazów cyfr zalety proponowanego rozwiązania dla algorytmu superrozdzielczości nie są duże, głównie z uwagi na redundancję samych znaków. Prawidłowo skonstruowany algorytm rozpoznawania potrafi dokonać klasyfikacji przy częściowo uszkodzonych lub zaszumianych znakach.

Podsumowując, metoda bazująca na zmianie orientacji kamery jest tania i pozwala na poprawę jakości obrazu zarówno w warunkach występowania zakłóceń w obrazie tablic rejestracyjnych, jak również ich braku. Podobną metodą można również szacować optymalny kąt obrotu kamery dla kompletu znaków oraz innych rodzajów tablic rejestracyjnych pojazdów.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Irani M., Peleg S.: *Super Resolution From Image Sequences*. Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition, pp. 115-120, June 1990.
- [2] Irani M., Peleg S.: *Improving Resolution by Image Registration*. Graphical Models and Image Processing, vol. 53, pp. 231-239, 1991
- [3] Klein L.A.: *Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*. Norwood, Massachusetts, Artech House ITS library 2001.
- [4] Lyons R.: *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*. WKiŁ, 2006.
- [5] Mazurek P., Okarma K.: *Algorytmy superrozdzielczości w Inteligentnych Systemach Transportowych do śledzenia odległych pojazdów*, Logistyka nr 2/2010 str. 255-262 (CD-ROM LogiTrans)

- [6] Okarma K., Mazurek P.: *Automatyczna ocena jakości obrazów uzyskiwanych technikami superrozdzielczości do celów rozpoznawania tablic rejestracyjnych*, Logistyka nr 2/2010 str. 283-290 (CD-ROM LogiTrans)
- [7] Okarma K., Mazurek P.: *Techniki super rozdzielczości w systemach identyfikacji tablic rejestracyjnych pojazdów*. Drogi – lądowe-powietrzne-wodne, no. 4/2009 str. 62-73
- [8] Okarma K., Forczmański P.: *2DLDA-based Texture Recognition in the Aspect of Objective Image Quality Assessment*, Annales UMCS - Informatica vol. 8 no. 1, pp. 99-110, Versita Press, 2008
- [9] Okarma K., Mazurek P.: *Reducing the impact of stroboscopic effect on the results of vehicles' plate recognition using super-resolution techniques by non-coherent camera triggering*, Archives of Transport System Telematics, 2010 (w druku)
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 lipca 2002 r. w sprawie rejestracji i oznaczania pojazdów. Dz. U. z dnia 21 sierpnia 2002 r. (z późn. zmianami)
- [11] Williams B.: *Intelligent Transport Systems Standards*, Artech House Publishers, 2008

6. PODZIĘKOWANIA

Artykuł powstał dzięki wsparciu w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N509 399136 „Estymacja trajektorii ruchu pojazdów z wykorzystaniem analizy bayesowskiej oraz algorytmów cyfrowego przetwarzania obrazów“.