

Teresa PAMUŁA, Zbigniew CZAPLA¹

METODA IDENTYFIKACJI ZNAKÓW SZCZEGÓLNYCH POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę lokalizacji, wyodrębniania i odczytu znaków na tablicy rejestracyjnej pojazdu z obrazu uzyskanego z wideorejestratora. Przyjęto założenie, że danymi wejściowymi, analizowanymi przez algorytm, będą kolorowe obrazy, a efektem obrazu w odcieniach szarości zawierające wyodrębnioną tablicę rejestracyjną oraz znaki odczytane na tej tablicy. Znaki mogą być niewyraźne lub zakłócone. Metodę zaimplementowano i przetestowano. Algorytm ten ma stanowić część systemu automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych wykorzystywanego m.in. do monitorowania ruchu pojazdów lub nadzorowania parkingów.

METHOD FOR IDENTIFICATION OF PARTICULAR MARKS ON VEHICLES

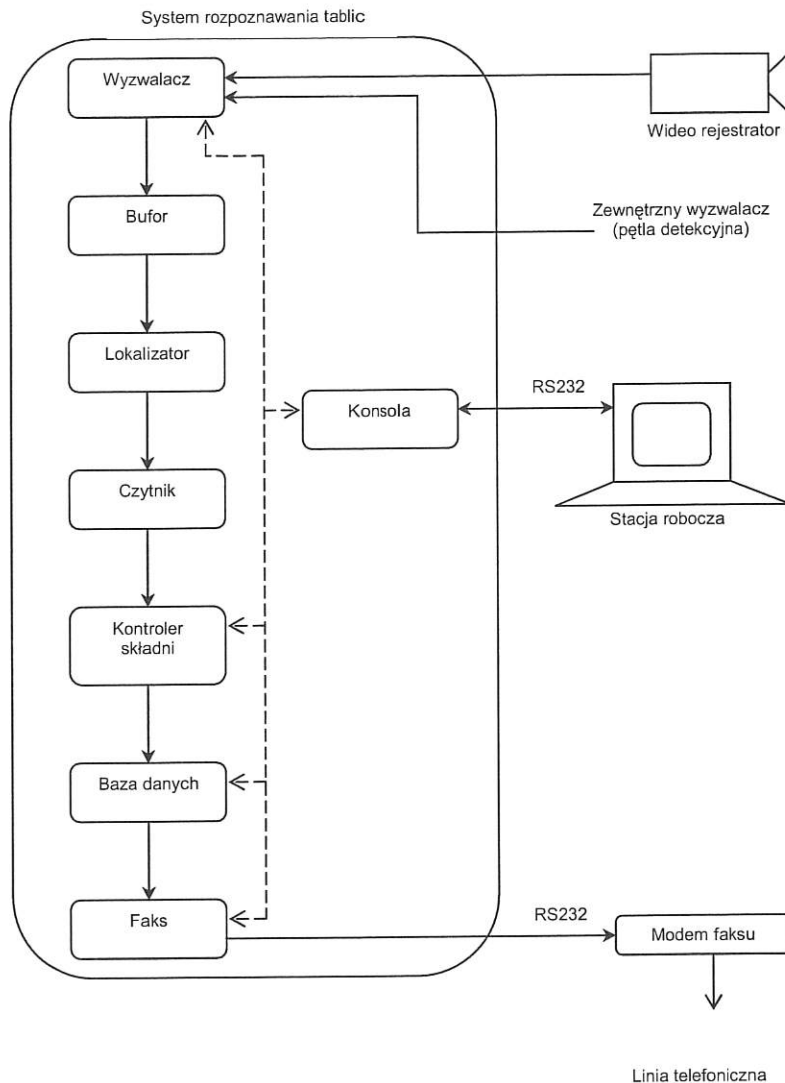
Summary. The paper presents the method of localization, separation and recognition of a licence plate in an image of a traffic scene. It is assumed that the input data is an image in RGB color scale and the output data is a license plate isolated from the road scene in 256 gray scale and characters recognition. Characters may be blurred or disturbed. The method is implemented in software, tested and can be incorporated in systems for traffic monitoring or parking supervision.

1. WSTĘP

Lokalizacja i wyodrębnianie obrazu tablic obok detektora pojazdów i czytnika numeru rejestracyjnego stanowią istotną część systemów automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych samochodów – rys.1. Systemy te składają się ze źródła sygnału wideo oraz z systemu komputerowego dokonującego pożądanej analizy obrazu, tj. detekcji pojazdu, wyodrębnienia obrazu tablicy rejestracyjnej oraz jego odczytania. Lokalizacja i wyodrębnianie są w tej analizie najbardziej złożonym obliczeniowo procesem.

Systemy automatycznego rozpoznawania tablic pozwalają na identyfikację pojazdów bez potrzeby używania dodatkowych urządzeń, jak nadajniki, karty dostępu czy dodatkowe oznaczenia. Dzięki temu znajdują zastosowanie między innymi w systemach pomiaru ruchu, poboru opłat lub poszukiwania skradzionych pojazdów.

¹ Katedra Inżynierii Ruchu i Informatyki Transportu, Wydział Transportu



Rys. 1. Schemat systemu rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych
Fig. 1. Block diagram of the vehicle licence plate recognition algorithm

2. METODA LOKALIZACJI TABLICY

Założenia

W celu ograniczenia dziedziny poszukiwania rozwiązania zadania pomiarowego w metodzie lokalizacji sformułowano następujące założenia:

- rodzaj wyszukiwanych tablic rejestracyjnych:
 - jednorzędowe zwyczajne tablice rejestracyjne (białe tło, czarne znaki) – rys.2



Rys. 2. Standardowa tablica rejestracyjna (białe tło, czarne znaki)
Fig. 2. The standard licence plate (white background, black characters)

- jednorzędowe zwyczajne tablice rejestracyjne (czarne tło, białe znaki) – rys. 3



Rys. 3. Przykład tablicy rejestracyjnej
Fig. 3. The standard licence plate (white characters, black background)

- maksymalny czas wykonywania algorytmu:
 - odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi pojazdami w ruchu drogowym ustalony jako 1,5 sekundy,
- możliwość ograniczenia obszaru poszukiwania tablicy w obrazie wejściowym,
- dokładność wyodrębnionej rejestracji:
 - każdy znak tablicy powinien zostać wyodrębniony przynajmniej w 80%,
 - szerokość wyodrębnionego obszaru tablicy od szerokości właściwego obszaru nie powinna być większa niż dwie szerokości właściwego obszaru,
 - wysokość wyodrębnionego obszaru tablicy od wysokości właściwego obszaru nie powinna być większa niż 1,3 wysokości właściwego obszaru tablicy.

Algorytm powinien poprawnie lokalizować tablice rejestracyjne dla obrazów spełniających warunki:

- pochylenie tablicy w stosunku do obrazu wejściowego powinno znajdować się w przedziale -10° do 10° ,
- kontrast obrazu tablicy w obrazie wejściowym czyli bezwzględna różnica pomiędzy średnią całego obrazu, a średnią obrazu rejestracji powinna być mniejsza niż wartość 30 w 256 stopniowej skali szarości,
- kontrast pomiędzy znakami w obrazie tablicy a jej tłem jest większy niż 25 w 256 stopniowej skali szarości,
- wysokość tablicy rejestracyjnej w obrazie jest większa niż 20 pikseli.

3. ETAPY REALIZACJI ALGORYTMU

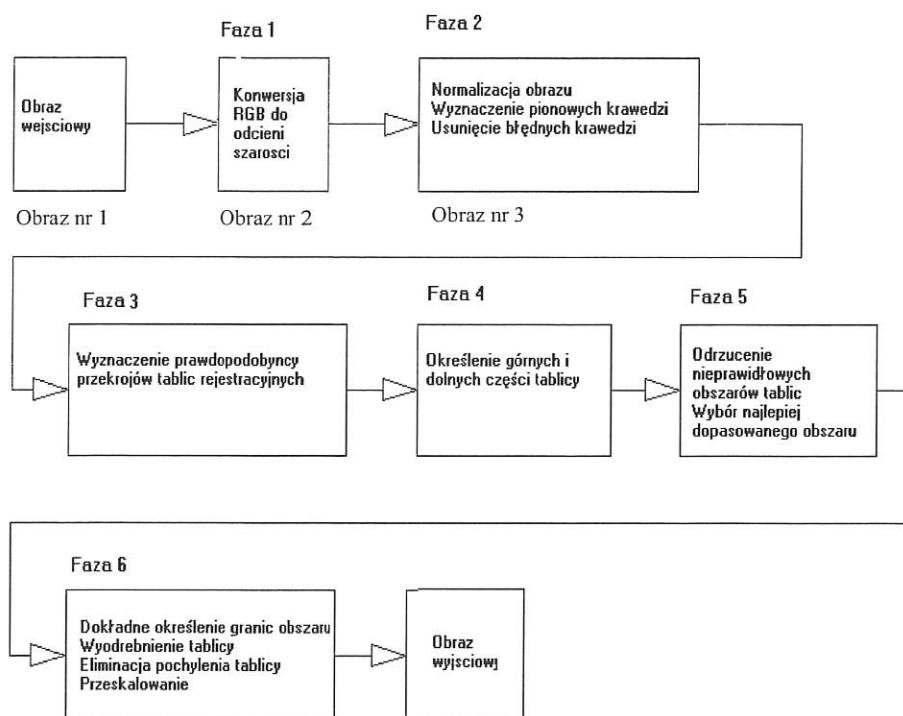
W metodzie tej zastosowano podejście do detekcji tablic rejestracyjnych z obrazów graficznych bazujące na odszukaniu wierzchołków pionowych krawędzi. Metoda ta składa się z sześciu zasadniczych faz (rys. 4).

W pierwszej fazie wykonuje się konwersję obrazu wejściowego nr 1 z trybu RGB do odcieni szarości. W fazie tej utworzony zostaje obraz nr 2.

W drugiej fazie obraz nr 2 zostaje znormalizowany oraz tworzony jest obraz nr 3 przez wyszukiwanie pionowych krawędzi w obrazie nr 2. Pionowe krawędzie w obrazie nr 3 poddawane są selekcji. Po czym nie spełniające kryteriów krawędzie zostają odrzucone.

W trzeciej fazie przez analizę obrazu nr 3 ustalane zostają prawdopodobne przekroje tablic rejestracyjnych.

Fazy 2 i 3 wykonywane są w algorytmie trzykrotnie dla różnych parametrów normalizacji.



Rys. 4. Schemat poszczególnych faz metody
Fig. 4. Block diagram of steps of the method

Dla wszystkich prawdopodobnych przekrojów tablic w fazie czwartej określane zostają wierzchołki pionowych krawędzi, a także granice potencjalnych tablic rejestracyjnych.

W fazie piątej przez odrzucenie nieprawidłowych obszarów potencjalnych tablic oraz porównanie pozostałych do modelu tablicy wyznaczony zostaje obszar najlepiej dopasowany.

Szósty etap algorytmu ma za zadanie ustalenie części górnej, dolnej oraz kąta pochylenia danej tablicy. Równocześnie możliwe jest odrzucenie tablicy o niewłaściwych proporcjach. W etapie tym ustala się linie poziomą pomiędzy lewym i prawym końcem danej tablicy i dzieli się ją na kilka przedziałów. Dla każdego przedziału ustala się przybliżone położenie górnej i dolnej części tablicy.

4. BADANIA OBRAZÓW Z WYKORZYSTANIEM ZAPROPONOWANEGO ALGORYTMU

Zaproponowana metoda została zaimplementowana w postaci funkcji zgrupowanych w bibliotece DLL. Biblioteka może być wykorzystana także w innych językach programowania podczas implementacji całego systemu automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych.

Rysunek 5 przedstawia rezultat wykonania algorytmu dla zdjęcia z tablicą o znacznym pochyleniu zbliżonym do 10° . Na rys. 6 w górnej części znajdują się obrazy wejściowe z tablicami o małych rozmiarach. W dolnej części rysunków zamieszczono obrazy wyodrębnionych tablic rejestracyjnych.



Rys. 5. Rezultat wykonania algorytmu dla zdjęć z tablicami o dużych rozmiarach tablicy
Fig. 5. Result of the algorithm performance for images including the big size licence plate



Rys. 6. Rezultat wykonania algorytmu dla zdjęć z tablicami o małych rozmiarach tablicy
Fig. 6. Result of the algorithm performance for images including the small size licence plate

5. ODCZYT ZNAKÓW Z WYODRĘBNIONEJ TABLICY REJESTRACYJNEJ

Kolejnym etapem rozpoznawania tablicy jest odczytanie znaków na wyodrębnionym obrazie tablicy, tzw. OCR (Optical Character Recognition). Poprawna identyfikacja jest możliwa po wstępnym przetworzeniu obrazu tablicy polegającym na usunięciu zakłóceń i binaryzacji. Wymiary tablic wyciętych z obrazu nie muszą mieć jednakowych rozmiarów, ponieważ wyodrębnione znaki są poddawane skalowaniu.

Do rozpoznawania znaków wydzielonych w procesie segmentacji z tablicy rejestracyjnej wykorzystano sieć neuronową trójwarstwową. W fazie treningu sieci neuronowej wykorzystano algorytm wstecznej propagacji błędu. Algorytm ten wymaga przygotowania odpowiednich ciągów uczących.

W procesie segmentacji tablica zostaje podzielona na siedem prostokątów (rys.7). Każdy prostokąt zawiera jeden znak tworząc osobny obraz.

The image shows the characters 'KOLN880' from a license plate, where each character is isolated into its own small rectangular frame, demonstrating the result of a segmentation process.

Rys.7. Tablica rejestracyjna poddana procesowi segmentacji

Fig. 7. Segmentation of characters of the licence plate

Następnie każdy z takich obrazów zostaje poddany skalowaniu. Każdy znak rejestracyjny jest skalowany do rozmiarów 10 na 18 pikseli, zgodnie z liczbą wejść sieci neuronowej. Sieć neuronowa rozpoznaje każdy ze znaków indywidualnie.

Najwięcej błędów sieć neuronowa wykazuje w rozpoznawaniu podobnych znaków, np. takich jak: D i O, O i 0, B i 8 lub 5 i S. Znaki te są podobne, zwłaszcza, gdy obraz rejestracji jest mocno zakłócony. Wówczas następuje błędne rozpoznanie przez sieć neuronową (znak B wykazuje największe podobieństwo do matrycy wzorcowej znaku 8). W celu zminimalizowania wspomnianych błędów w rozpoznawaniu znaków rejestracyjnych dąży się do wprowadzenia podczas etapu uczenia sieci neuronowej jak największej liczby matryc wzorcowych dla danych znaków.

Ostatecznym rezultatem całego algorytmu jest cała tablica rejestracyjna – rys. 8.

The image shows the license plate 'KOL N880' as a single, coherent unit within a rectangular border, representing the final output of the OCR process.

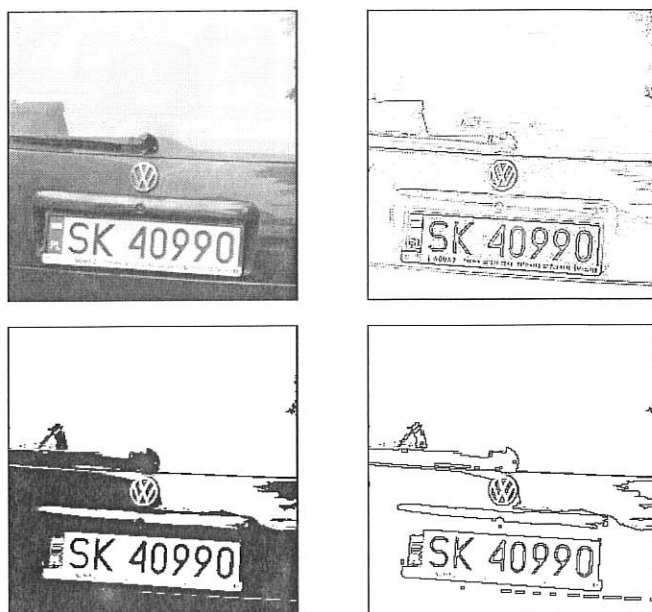
Rys.8. Odczytana tablica rejestracyjna

Fig. 8. Read the licence plate

6. FILTRACJA OBRAZU

Obrazy otrzymywane z wideorejestratora zawierają wiele szczegółów, co utrudnia, a czasami nawet uniemożliwia rozpoznanie znaków szczególnych pojazdów samochodowych, w tym tablic rejestracyjnych. Zastosowanie poprawnie dobranej filtracji obrazu pozwala na zwiększenie skuteczności wyszukiwania, a także umożliwia uproszczenie algorytmów wyszukiwania. Jako przykładową przeprowadzono filtrację dolnoprzepustową. Analizie zostały poddane maski wyszukiwania obrazów achromatycznych o rozdzielczości przestrzennej 256 x 256 pikseli i rozdzielczości poziomów jasności 8 bpp. W wyniku filtracji odfiltrowane

zostały wszystkie składowe częstotliwości za wyjątkiem składowej o najniższej częstotliwości, co odpowiada binaryzacji z progiem równym 128. Dla obrazów przed filtracją i po filtracji przeprowadzono wyodrębnianie krawędzi. Obrazy wynikowe zamieszczone są na rys.9. Na poszczególnych rysunkach w lewym, górnym narożniku znajduje się maska wyszukiwania poddana przetwarzaniu, w prawym, górnym narożniku wynik wyodrębniania krawędzi maski wyszukiwania, w lewym, dolnym narożniku maska wyszukiwania po filtracji i w prawym dolnym narożniku wynik wyodrębniania krawędzi maski wyszukiwania po filtracji. Porównując otrzymane wyniki można zauważyć, że filtracja ułatwia lokalizację obszarów spełniających zadane kryteria, a także pozwala na wstępną analizę masek wyszukiwania w celu określenia, czy analizowana maska może zawierać wyszukiwany znak szczególny. Parametry filtracji mogą być dobierane w zależności od warunków, jakie panowały w trakcie akwizycji obrazów, filtracja może być przeprowadzana wielokrotnie, przy różnych nastawach filtrów, co może poprawić skuteczność rozpoznawania znaków szczególnych pojazdów samochodowych.



Rys. 9. Wynik filtracji maski wyszukiwania
Fig. 9. Result of the search mask filtration

7. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule algorytm lokalizacji tablicy rejestracyjnej na obrazie pozwala na wyodrębnianie tablic zawierających znaki czarne na białym tle(nowe) oraz białe na czarnym tle(stare). Algorytm zaimplementowano w języku C++ oraz w środowisku programowym Delphi 6. Opracowana aplikacja umożliwiła przeprowadzenie badań symulacyjnych.

Przeprowadzono test dla 100 obrazów. Dla 75 obrazów wejściowych tablica została poprawnie zlokalizowana i wyodrębniona. Dla 14 obrazów konieczne okazało się ograniczenie

obszaru poszukiwania. W pozostałych 11 obrazach tablicy rejestracyjnej nie udało się zlokalizować lub wydzielony obszar nie spełniał założenia o dokładności wyodrębnionej tablicy.

Sieci neuronowe w systemach rozpoznawania tablic rejestracyjnych stanowią alternatywę dla metod korelacji i dopasowania do wzorca. W porównaniu do wspomnianych metod sieci neuronowe posiadają wiele cech przydatnych w systemach rozpoznawania tablic rejestracyjnych, takich jak: zdolność do generalizacji, interpolacji, predykcji oraz mała wrażliwość na zakłócenia.

Opracowana aplikacja pozwala na odczytywanie i rozpoznawanie wcześniej przygotowanych tablic rejestracyjnych. Duży wpływ na zdolność rozpoznawania miało wstępne przetwarzanie obrazu rejestracji. Rejestracje mocno zabrudzone lub o znacznym kącie pochylenia względem poziomu nie nadawały się do bezpośredniego rozpoznawania przez sieć neuronową.

Etap uczenia sieci neuronowej ma bezpośredni wpływ na wyniki rozpoznawania znaków. Moduł odpowiedzialny za ten etap jest dobrze rozbudowany, pozwalając na zmianę struktury sieci oraz na przeprowadzenie wystarczającej liczby iteracji w celu jej nauczania. Opracowany moduł trenowania sieci ma możliwość przyporządkowania dla jednego znaku tylko dwóch matryc wzorcowych. Stanowi to liczbę 72 próbek wzorcowych dla ciągu uczącego. Efektywność rozpoznawania tablic rejestracyjnych na podstawie tych 72 matryc wzorcowych wynosi ok. 32%. Najlepszy uzyskany wynik wyniósł 39% prawidłowo rozpoznanych tablic rejestracyjnych i 83% znaków rejestracyjnych dla sieci neuronowej o strukturze 180-240-160-36. Biorąc pod uwagę liczbę matryc wzorcowych, uzyskany wynik jest wynikiem dobrym.

Literatura

1. Kim K. K., Kim K. I., Kim J. B., Kim H. J.: Learning-based approach for license plate recognition, Proc. of IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing, vol. 2, pp.614-623, 2000.
2. Mei Y., Yong Y. D.: An approach to Korean license plate recognition based on vertical edge-matching algorithm, proc. of IEEE International Conference on Systems, Man and cybernetics, pp. 2975-2980, 2000.
3. Hsieh J., Yo S., Chen Y.: Morphology-based License Plate Detection, ICPR(3), pp. 176-179, 2002.
4. Sahoo P.K.: A survey of thresholding techniques, pp. 233-260, 1988.
5. Ponce P., Wang S., Wang D.: License Plate Recognition Final Report.
6. Suganuma N., Boa Y., Fujiwara N.: Detecting Licence Plate of Moving Vehicle Using Neural Network In: IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, pp661-667, 1998.
7. Setchell Ch.J., Applications of Computer Vision to Road-traffic Monitoring, praca doktorska University of Bristol 1997.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 22 lipca 2002 r. w sprawie rejestracji i oznaczenia pojazdów.

Recenzent: prof. dr hab. inż. J.Piecha